

SERGIO QUAQUARINI

**REPRESENTAÇÃO E FERRAMENTAS PARA A
MODELAGEM DE APRENDIZES NO ENSINO
DE CONCEITOS VISUAIS**

Dissertação apresentada como requisito parcial
à obtenção do grau de Mestre. Programa de Pós-
Graduação em Informática, Setor de Ciências
Exatas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre I. Direne

CURITIBA

2000

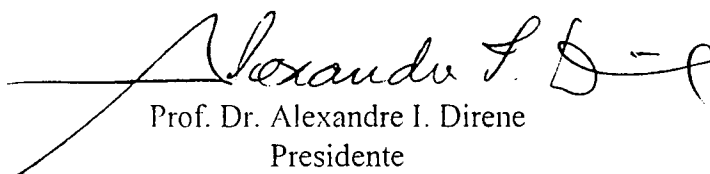


Ministério da Educação
Universidade Federal do Paraná
Mestrado em Informática

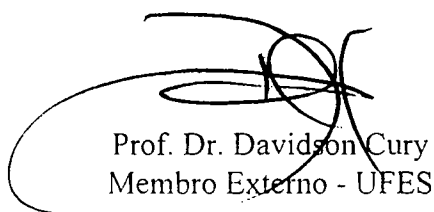
PARECER

Nós, abaixo assinados, membros da Banca Examinadora da defesa de Dissertação de Mestrado em Informática do aluno **Sergio Quaquerini**, avaliamos o trabalho intitulado ***“Representação e Ferramentas para a Modelagem de Aprendizizes no Ensino de Conceitos Visuais”***, cuja defesa foi realizada no dia 16 de fevereiro de 2001. Após a avaliação, decidimos pela aprovação do candidato.

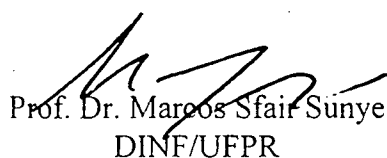
Curitiba, 16 de fevereiro de 2001.



Prof. Dr. Alexandre I. Direne
Presidente



Prof. Dr. Davidson Cury
Membro Externo - UFES



Prof. Dr. Marcos Sfair Sunye
DINF/UFPR



SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos e o Problema	1
1.2 O Ambiente RUI	3
1.2.1 As Ferramentas de Autoria	5
1.2.2 A Ferramenta de Ensino-Aprendizagem	6
1.2.3 Estrutura da Dissertação	7
2 TRABALHOS CORRELACIONADOS	8
2.1 Modelagem de Aprendizizes	8
2.1.1 Modelos de Curto e Longo Prazos	8
2.1.2 Natureza de Modelos de Aprendizizes	9
2.1.3 Principais Abordagens de Modelagem de Aprendizizes	12
2.2 Ensino de Conceitos Visuais	13
2.2.1 Conceitos Visuais Genéricos	13
2.2.2 Uso do Computador em Conceitos Visuais	13
2.2.3 Ensino de Radiologia Médica	15
2.3 Sistemas de Autoria e Shells para Tutores Inteligentes	17
2.3.1 Sistemas de Autoria	17
2.3.2 Shells Inteligentes para Ensino com e sem MA/ME	20
3 INTEGRAÇÃO DE CONCEITOS	24
3.1 Noção de Estereótipo	24

3.2	Queda de Desempenho de Aprendizes	26
3.3	Componentes Isolados da Perícia (CIPs)	28
3.4	Distribuição de Estereótipos na Curva-U	30
3.5	Entrevistas com um Especialista	30
4	A FERRAMENTA SIGMA	33
4.1	Arquitetura do SIGMA	33
4.2	Detalhamento dos Módulos	36
4.2.1	Módulo de Interface do GTM/RUI	36
4.2.2	Módulo de Filtragem de Evidências	37
4.2.3	Módulo de Análise dos PCVs	37
4.2.4	Módulo de Atualização do Modelo do Aprendiz	39
4.2.5	Módulo de Enquadramento do Aprendiz	39
4.2.6	Módulo de Armazenagem em Frames	40
5	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	42
5.1	Reafirmação da Contribuição	42
5.2	Trabalhos Futuros	42
	ANEXO 1 - TRANSCRIÇÃO DE DIÁLOGO (Aprendiz Iniciante)	44
	ANEXO 2 - TRANSCRIÇÃO DE DIÁLOGO (Aprendiz Intermediário)	54
	ANEXO 3 - RESUMO DAS REUNIÕES COM UM ESPECIALISTA	60
	ANEXO 4 - EXEMPLO DO PROCESSO DE VALORAÇÃO GERAL	68
	BIBLIOGRAFIA	76

LISTA DE FIGURAS

1.1	Exemplo do diálogo entre o Tutor e um Aprendiz Iniciante.	2
1.2	Exemplo do diálogo entre o Tutor e um Aprendiz Intermediário.	2
1.3	Arquitetura do Sistema RUI.	4
2.1	Modelo Overlay.	10
2.2	Modelo Diferencial.	10
2.3	Modelo de Perturbação.	11
2.4	Arquitetura Básica de um Sistema Tutor Inteligente (STI)	20
3.1	Esquema genérico da representação de estereótipos.	25
3.2	Curva U da aprendizagem.	27
3.3	Curva U da aprendizagem com distribuição de estereótipos.	31
4.1	Arquitetura Básica do Sistema SIGMA	35
4.2	O módulo de interface do GTM/RUI em destaque	36
4.3	O módulo de Filtragem de Evidências em destaque	37
4.4	O módulo de Análise dos PCVs em destaque	38
4.5	Exemplo sobre como quantificar o CIP de Consistência do Raciocínio Qualitativo / Quantitativo	38
4.6	O módulo de Atualização do Modelo do Aprendiz em destaque	39
4.7	O módulo de Enquadramento do Aprendiz em destaque	40
4.8	O módulo de Armazenagem em Frames em destaque	41
4.9	Frame de aprendiz iniciante.	41
4.10	Frame de aprendiz intermediário.	41

RESUMO

Esta monografia tem por objetivo apresentar conceitos e ferramentas de software para a modelagem dinâmica de aprendizes em STIs que ensinam conceitos visuais. São descritas algumas aplicações direcionadas ao desenvolvimento de capacidades isoladas da perícia para o treinamento de residentes em diversos domínios de Radiologia médica. Os conceitos utilizados para a Modelagem do Aprendiz baseiam-se em dois formalismos: a *Curva “U”* de *desempenho* \times *tempo* de um aprendiz e a noção de *Estereótipos* de usuários/aprendizes. A partir destes dois formalismos, detalhes da distribuição de Estereótipos na Curva “U” são expostos, juntamente com seus mecanismos de interpretação independentes de domínio. Tais mecanismos foram definidos e implementados na ferramenta SIGMA a partir de um estudo cognitivo realizado com especialistas em Radiologia Médica.

ABSTRACT

This work aims to present concepts and software tools for dynamic learner modeling in Intelligent Tutoring Systems which teach visual concepts. The application of concepts and tools is described for the development of recluded capacities of expertise during the training of resident radiologists. The general concepts used in the modeling are based on two formalisms: the “*U*” *Shaped Curve* of *performance* \times *time* and the *Estereotypes* of users/learners. From these two formalisms, details of the distribution of Estereotypes along the U-Shaped Curve are together with domain-independent interpretation mechanisms. The mechanisms were defined and implemented in the SIGMA prototype software tool from a cognitive study carried out with expert radiologists.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Objetivos e o Problema

O objetivo desta dissertação é apresentar conceitos e ferramentas de software para a modelagem dinâmica de aprendizes em Sistemas Tutores Inteligentes (STIs) [20] que ensinam conceitos visuais. Neste contexto, a Radiologia Médica é o campo de aplicação de conceitos visuais para o formalismo e as ferramentas apresentadas. O desenvolvimento de tais ferramentas foi realizado como extensão do ambiente RUI [8], o qual é o único no mundo constituído de um conjunto integrado de ferramentas para autoria e ensino inteligente em domínios de conceitos visuais.

Assim como um tutor humano, para que um tutor automático possa fornecer instruções diferenciadas, de acordo com as necessidades individuais de um aprendiz, este tutor precisa construir, e manter atualizado, um modelo dinâmico deste aprendiz. O referido modelo, em conjunto com técnicas pedagógicas, pode permitir a orientação da direção a ser tomada pelo tutor em um dado momento com um aprendiz específico. Em geral, após o curso completo de Medicina, um profissional que entra em estágio de residência em Radiologia terá a evolução de sua capacidade pericial (iniciante-intermediário-especialista) desenvolvida ao longo de três ou quatro anos. Durante este período, o residente vivencia um processo de aquisição de perícia. Em cada uma das fases, o residente ou aprendiz apresenta um perfil distinto de capacidades para produzir diagnósticos.

As Figuras 1.1 e 1.2 (maiores detalhamentos nos **Anexos 1 e 2**) mostram dois exemplos de variações de diálogo de curto prazo, enfocando o mesmo caso radiológico. Na Figura 1.1 é considerado um aprendiz de nível “iniciante” (**R1** - Residente no primeiro ano), ao passo que na Figura 1.2 o aprendiz possui um nível “intermediário” (**R2** -

-
-
-
- TUTOR: Faça uma análise de
- músculo-esquelético na sequência
5 clássica.
-
-
- APRENDIZ: Vou ver se a anatomia
- está nos conformes de acordo com
10 o que eu conheço. Se tem
- <AJUDA DO TUTOR PARA OB-
- TER SEQUÊNCIA>
-
-
15
- TUTOR: O que você pode dizer
- sobre a textura óssea ?
-
-
20 APRENDIZ: Comparativamente,
- não vejo nenhuma alteração da T.O.
- do membro esquerdo para o direito.
-
-
25

Figura 1.1: Exemplo do diálogo entre o Tutor e um Aprendiz Iniciante.

-
- TUTOR: Faça uma análise de
- músculo-esquelético na sequência
- clássica.
5
- APRENDIZ: Primeiro, de fora para
- dentro do osso, as partes moles,
- depois as características do osso:
- eixo, forma, textura, organização
- em relação à cortical e
10 medular e dos contornos do
- espaço articular.
-
- TUTOR: O que você pode dizer
15 sobre a textura óssea ?
-
- APRENDIZ: Traçando a linha tibi-
- al e a linha femural do membro afe-
- tado e comparando com o membro
20 normal, há uma ligeira variação no
- membro inferior, leve desa-
- linhamento da porção proximal da
- metáfise rarefação e presença
- de desorganização óssea com pro-
- dução de material
25

Figura 1.2: Exemplo do diálogo entre o Tutor e um Aprendiz Intermediário.

Residente no segundo ano). Nos dois diálogos citados, as diferenças básicas estão nas capacidades diagnósticas que o aprendiz intermediário já adquiriu e faz uso (o iniciante ainda não). Capacidades tais como vocabulário técnico, expectativa visual prévia, percepção imediata de proporções entre características visuais, além de outras. Isto requer tratamentos diferentes, de acordo com as necessidades individuais de cada aprendiz, principalmente no longo prazo.

Em sua contribuição original, Cury e outros [7] definem as vantagens de uma Modelagem de Aprendizes (MA) e demonstram as variações de capacidades da perícia (mais precisamente na área de Radiologia Médica). O foco daquele trabalho foi em como obter ou melhorar a adaptatividade de um STI, de modo a facilitar o processo de transformação de um aprendiz em perito, a partir da análise das características do conhecimento pericial

e das características de aprendizes em diferentes momentos do processo de treinamento. Entretanto, nenhum dos conceitos citados foi incorporado a ferramentas de software que fossem Sistemas Tutores Inteligentes para Conceitos Visuais. A contribuição mais aproximada da aplicação de conceitos de capacidades da perícia radiológica a um STI é a ferramenta SEQUENCE [22], implementada e integrada ao ambiente RUI. Todavia não teve aplicação diretamente à modelagem detalhada de aprendizes, tendo apenas abordado as questões de organização da representação de conhecimento do modelo do domínio de maneira a detalhar quais capacidades da perícia são exploradas com maior ou menor peso em um determinado caso de anormalidade.

Tudo isto requer a definição de conceitos de razoável valor original e a construção de ferramentas de software para apoiar tanto tutores humanos quanto aprendizes de Radiologia Médica.

1.2 O Ambiente RUI

Este trabalho foi desenvolvido a partir das bases de conhecimento e ferramentas do sistema RUI (**Representations for Understanding Images**)[8]. Sendo este o único sistema de autoria com uma **Shell** de ensino especialmente direcionada para conceitos visuais, o ambiente RUI consiste de ferramentas para a manipulação da complexidade dos modelos internos de um STI e para a interpretação independente de domínio das interações tutoriais. O sistema RUI é um ambiente para projeto de ITSs destinados ao ensino de conceitos visuais (Capítulo 2). É um ambiente onde um especialista no ensino de Radiologia Médica, auxiliado por um especialista em representação de conhecimento, consegue projetar um ITS e modificá-lo facilmente por meio de suas abstrações gráficas.

O sistema RUI foi construído por DIRENE (1993) durante a realização do seu doutorado na Universidade de Sussex. Sua arquitetura é apresentada na Figura 1.3. Ele foi implementado usando o ambiente Poplog [4, 30], com a linguagem de programação Pop11 do próprio ambiente. O ambiente Poplog é próprio para o desenvolvimento de protótipos

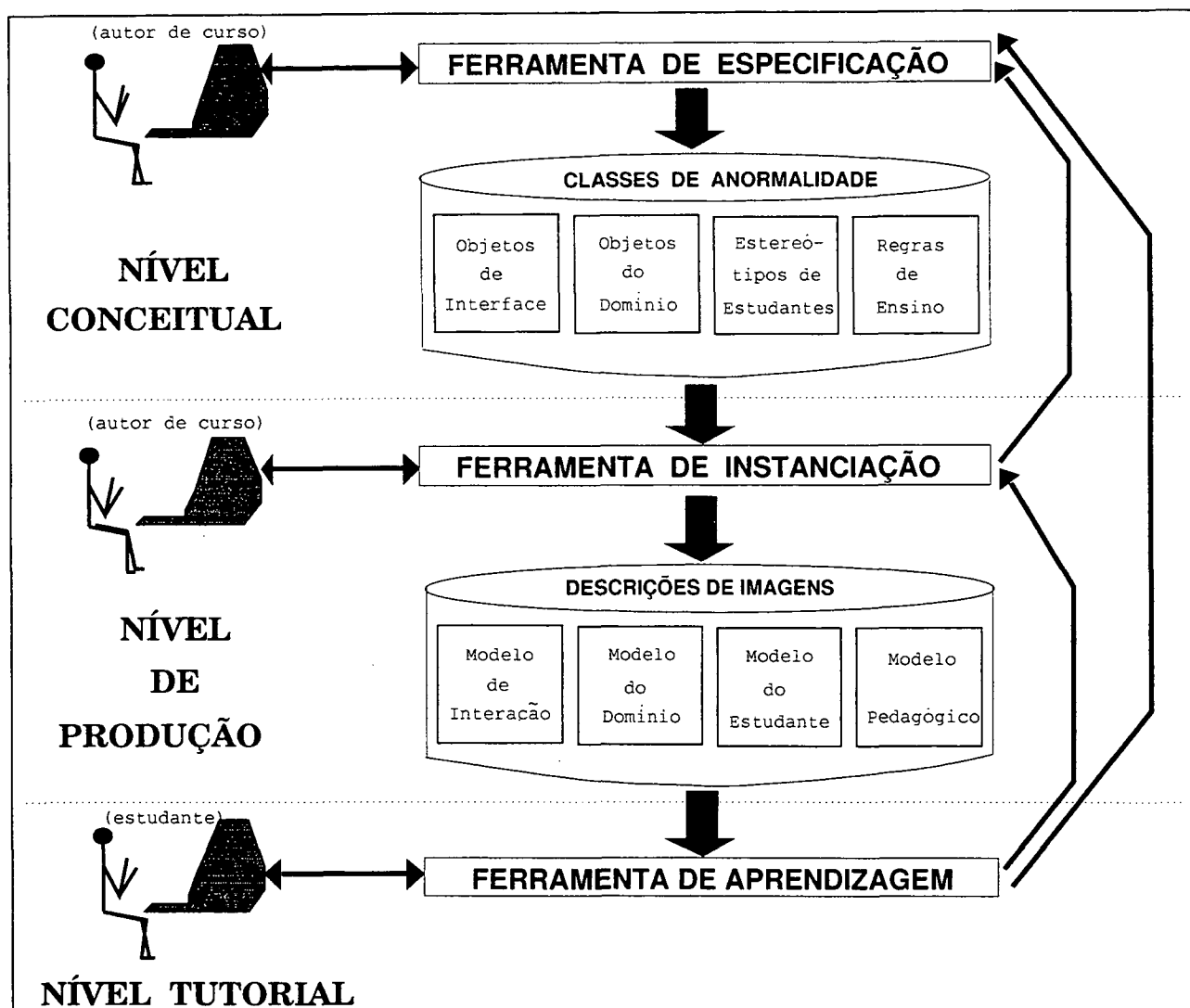


Figura 1.3: Arquitetura do Sistema RUI.

em IA, tendo facilidades como um sistema de gerência de frames [16], o RBFS [3], e bibliotecas para criação de interfaces gráficas padrão **X-Window**. O sistema RUI tem sido usado como ferramenta para experimentação de novos conceitos na área de STI para ensino de conceitos visuais.

O Sistema RUI é basicamente dividido em duas partes: módulo de autoria e de ensino. O módulo de autoria é o responsável pela parte do projeto do STI. É nele que o(s) autor(es) coloca(m) o seu conhecimento sobre o domínio e projeta(m) o STI. O módulo de ensino é a parte responsável pelo ensino através do STI projetado pelo especialista no domínio. Por possuir tanto o módulo de autoria como o de ensino, o sistema RUI é considerado como

uma Shell de ensino onde, ao se substituir toda a base de conhecimento de um STI pela de outro, a interface continua aparentemente a mesma, mas o conteúdo do conhecimento sofre alteração de interpretação.

1.2.1 As Ferramentas de Autoria

No módulo de autoria do sistema RUI, tanto o conhecimento sobre o domínio como o conhecimento sobre como ensinar este domínio é dividido em dois níveis: o nível conceitual e o nível de produção.

No nível conceitual o autor descreve as classes de anomalia e todo o conhecimento relativo a elas, sem entrar nos detalhes referentes às imagens. Cada imagem é considerada como uma instância de uma classe de anomalia, sendo descrita no nível de produção. Toda a descrição de cada uma das classes de anomalia é feita através da ferramenta de especificação. Cada classe de anomalia é descrita através de uma hierarquia de componentes anatômicos que são relevantes para a referida anomalia e que aparecem nas imagens. Cada um desses componentes anatômicos é descrito por um conjunto de características próprias. Estas características são descritas usando os valores que aparecem em cada uma das imagens. Por exemplo, as imagens da classe de anomalia *cardiomegalia* têm como um de seus componentes anatômicos o coração e este possui como uma de suas características a *fração cardio-torácica*, a qual terá valores numéricos que variam de imagem para imagem. Esta hierarquia representa o conhecimento sobre o domínio. O conhecimento sobre como ensinar este domínio é descrito usando as regras de ensino (**teaching rules**). As regras de ensino são regras de produção que indicam como a interface de ensino deve agir de acordo com os valores que cada imagem possui para as características de cada componente anatômico.

No nível de produção são descritas as imagens que o especialista deseja que façam parte da base de conhecimento do STI. Cada uma das imagens é associada a uma classe de anomalia e é descrita em seu conteúdo, apenas pelos valores de cada uma das ca-

racterísticas dos componentes anatômicos desta classe. Esta descrição é feita usando a ferramenta de descrição de imagens “**Image Description Tool**” que possui um editor gráfico, o qual permite ao autor, além de fornecer valores para as características, fazer anotações sobre a própria imagem que será mostrada ao aprendiz.

Importante ressaltar que, em seu estado atual, as ferramentas de autoria do RUI não permitem a definição nem de modelos nem de meta-modelos de aprendizes. É exatamente nesta parte de modelagem de aprendizes que este trabalho visa estender a pesquisa sobre o ambiente RUI. Tal estudo está em andamento por meio de um projeto de pesquisa existente no grupo de pesquisa.

1.2.2 A Ferramenta de Ensino-Aprendizagem

O sistema RUI possui um módulo de ensino. Este módulo, também chamado de **GTM** (Guided Tutorial Mode), é o responsável pela transmissão para o aprendiz do conhecimento colocado na base de conhecimento do STI pelo especialista, usando as ferramentas de autoria. O módulo de ensino possui as seguintes partes principais: **interface de ensino, interpretador de regras de ensino e interpretador de linguagem natural**. O sistema inicia com uma pergunta genérica sobre a imagem. Para cada resposta do aprendiz, o sistema analisa as regras de ensino da base de conhecimento através de uma máquina de inferência. Um comentário crítico é produzido sobre a resposta do aprendiz, corrigindo-a se necessário, seguido de uma nova pergunta, também orientada pelas regras de ensino.

Os diálogos são conduzidos em uma pseudolinguagem natural derivada do inglês. Isto é conseguido de duas maneiras. As perguntas ao aprendiz são formuladas com base em pedaços de texto que o próprio especialista colocou nas regras de ensino. A avaliação das respostas do aprendiz é feita usando um interpretador de linguagem natural, baseado em casamento de padrões e reconhecimento de palavras-chave da frase. Os diálogos são conduzidos pelo sistema de forma a evitar que o aprendiz saia da linha estipulada pelo

autor e também para evitar que o próprio sistema perca o contexto.

A interface de ensino, apesar de guiar o aprendiz durante o diálogo, fornece total liberdade para que o aprendiz, ou um professor humano que acompanhe a sessão de ensino, faça a escolha da próxima imagem. Esta escolha é feita através da ferramenta **Image Database Browser** da interface de ensino, e é orientada pela classe de anomalia que se quer discutir.

A ferramenta **GTM** de ensino-aprendizagem do RUI não possuía nenhuma capacidade de modelagem dinâmica (nem estática) dos aprendizes. Sendo assim, este trabalho constitui uma valiosa expansão do potencial de inteligência do **GTM**.

A partir desta contribuição, será possível refinar os mecanismos pedagógicos do GTM de maneira que ele possa tratar diferenciadamente os aprendizes em estágios variados de competência.

1.2.3 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação é dividida em **cinco** capítulos. No **segundo** é exposta uma revisão e crítica sobre os principais trabalhos correlacionados, sendo possível observar a partir destes a necessidade de construir módulos com funcionalidades semelhantes as apresentadas neste trabalho. O **capítulo 3** apresenta o projeto e a integração dos conceitos necessários ao trabalho. Este capítulo é dividido em 5 seções. A seção **3.1** apresenta uma noção de estereótipos e atributos; a seção **3.2** a **Curva-U**; a seção **3.3** os Componentes Isolados da Perícia; a seção **3.4** a distribuição de estereótipos na Curva-U e a seção **3.5** apresenta detalhes da entrevista com um especialista em Radiologia Médica. O **capítulo 4** consiste da implementação e do detalhamento da arquitetura do sistema **SIGMA** desenvolvido neste trabalho. O **capítulo 5** é a conclusão do trabalho, onde são apresentadas as contribuições e também os trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

TRABALHOS CORRELACIONADOS

2.1 Modelagem de Aprendizes

2.1.1 Modelos de Curto e Longo Prazos

Na área de Modelagem, um dos pontos de maior divisão dentro do mundo de ambientes altamente interativos reside na diferença entre Modelos de Curto e de Longo Prazo para sistemas convencionais. Os modelos de curto prazo são representados pela Modelagem de Usuários (MU) enquanto que os de longo prazo são representados pela Modelagem de Aprendizes (MA). A diferenciação existe tipicamente entre as modelagens devido ao fator **tempo** influenciar diretamente nas estratégias pedagógicas de ensino utilizadas por um determinado sistema.

Em MU (curto prazo), a modelagem é voltada para o esclarecimento imediato de um determinado assunto [23]. Neste caso, o tempo necessário é curto, podendo ser de poucos minutos ou até mesmo alguns segundos. Como exemplo de MU podem ser citados os “**helps inteligentes**” para ambientes de consulta rápida (ex. bibliotecas, escalas de horários, dentre outros).

Em MA (longo prazo), a modelagem é utilizada para registrar o rendimento do aprendiz ao longo de seu treinamento até ele se tornar um perito. Devido à complexidade inerente a processos similares, o aprendiz necessita de um tempo que varia de médio a longo, ou seja, pode variar de meses até anos. Como exemplo de aplicação de MA, podem-se citar alguns STIs [6] bem como as Shells de autoria [7], além do ensino destinado a áreas complexas como Radiologia Médica.

2.1.2 Natureza de Modelos de Aprendizes

Uma vez que a representação dinâmica dos emergentes conhecimentos e perícias de um aprendiz pode ser capturada em um modelo, tem sido consenso considerar dois itens cruciais para a referida modelagem, os quais são:

- **O que o aprendiz sabe**

É o conhecimento já adquirido pelo aprendiz, ou seja, toda a informação sobre a qual o aprendiz não necessita de ensino, mas apenas de uma supervisão ou monitoramento para sedimentar seu conhecimento.

- **O que o aprendiz é**

O que o aprendiz é pode ser, em parte, uma consequência das capacidades desenvolvidas a partir do conhecimento já adquirido. Todavia, uma outra parte importante que cobre a representação do que o aprendiz é, está relacionada aos aspectos psicológicos e culturais que cercam a formação única de um indivíduo (subjacente aos conhecimentos específicos de domínio).

Estas duas naturezas principais devem ser consideradas pois um modelo de aprendiz possui duas mega funções: agir como uma fonte de informação sobre o aprendiz e servir como uma representação do aprendiz. Realizando estas funções, o MA age de maneira que as seguintes regras sejam utilizadas: **corretude**, **elaboratividade**, **estratégia**, **agnóstico**, **previsibilidade** e **validação** [20, 24].

A natureza do que o aprendiz “**sabe**” compreende o conhecimento já adquirido pelo aprendiz, bem como a forma como é armazenado(representado). Esta representação pode ser baseada em métodos de modelagem por **overlay**, por **diferencial** ou por **perturbação**[32].

- **Overlay**

O método de modelagem por “**Overlay**” (Figura 2.1) permite comparar diretamente o estado de conhecimento do aprendiz com o conhecimento do perito. Então as partes do modelo do aprendiz que não estejam de acordo com o modelo comparado

possui suas fraquezas (deficiências) realçadas. Esta forma de modelagem de aprendizes é conhecida como sendo de sobreposição (“overlay”), devido ao fato do estado de conhecimento do aprendiz ser visto como um subconjunto do perito.

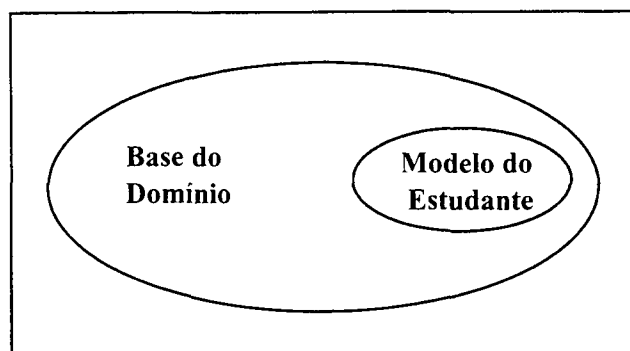


Figura 2.1: Modelo Overlay.

- **Diferencial**

Durante a solução de um problema, este modelo (Figura 2.2), permite uma rápida comparação entre as respostas que um especialista no domínio daria e a resposta que o estudante fornece. Baseado na análise das diferenças entre essas respostas é que o modelo do aprendiz é construído.

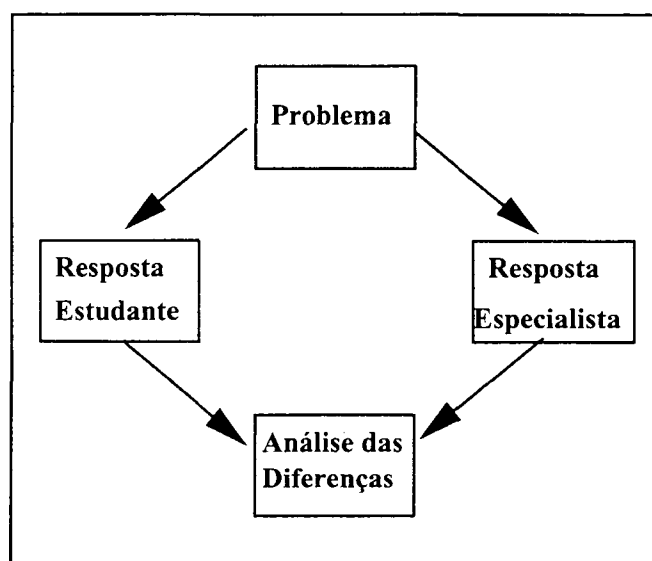


Figura 2.2: Modelo Diferencial.

- **Perturbação**

O comportamento incorreto ou sub-otimizado não é sempre resultado de um conhe-

cimento incompleto, podendo ser devido a incorretas versões do estimado conhecimento. Sendo assim, o modelo de Perturbação (Figura 2.3), também conhecido por “**modelagem buggy**” ou “modelagem pelo erro”, possui a idéia de diagnosticar o estado de conhecimento do aprendiz de modo a corrigir possíveis versões de conhecimento sub-generalizado, super-generalizado ou com ambas as falhas.

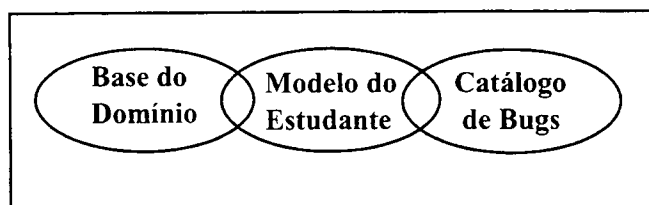


Figura 2.3: Modelo de Perturbação.

A natureza do que o “**aprendiz é**” significa que a modelagem deve respeitar o aprendiz, bem como suas crenças. A modelagem de aprendizes **não** pode ser feita baseada no princípio da precisão. Ao contrário, tal modelagem deve ser projetada para funcionar como um “**colaborador falível**” [24], ou seja, a modelagem não pode assumir que é perfeita. As crenças do aprendiz devem ser gradualmente compensadas para evitar problemas filosóficos e éticos, pois é o estilo pseudo-arrogante “**tutor sabe tudo**” [24] dos STIs que faz com que turmas percam o interesse pelo assunto rapidamente. Outros itens a serem considerados são: não diagnosticar o que a modelagem não pode tratar (utilizar) e não tentar adivinhar, mas pedir ao aprendiz o que deseja saber.

A Modelagem de Aprendizes (MA) automatizada (conduzida dinamicamente por um STI) é um componente essencial de qualquer sistema que planeje ser amigável (“**user friendly**”). Além disso, a modelagem também é importante para os sistemas que pretendem monitorar o desenvolvimento de habilidades do aprendiz por médios ou longos períodos de tempo. Todavia, as suposições iniciais que um sistema assume com relação a um aprendiz, rapidamente apresentam incompatibilidade com o real estado mental deste humano. As razões para esta falta de sincronismo são as mais variadas [24]. O problema de super-generalização (uma das formas de defasagem identificadas), como foi explicado por Sharples [27], pode surgir e demorar para ser detectado pelo sistema em aprendizes

humanos. De fato, apesar da maioria dos problemas de desenvolvimento serem especificados pela descrição das saídas desejadas de um programa (através das entradas possíveis), o problema de implementação da modelagem de aprendizes/estudantes é um assunto ainda complexo demais para o estado da arte de STIs [31].

2.1.3 Principais Abordagens de Modelagem de Aprendizes

As MAs em STIs devem possuir informações sobre o usuário para que as explicações possam refletir a perícia deste indivíduo em particular. Apesar de todos os esforços feitos no passado nesta direção, as evidências sugerem que muitos sistemas tratam aprendizes iniciantes e avançados identicamente e, por vezes, nem mesmo são apropriados para as necessidades de ambas as classes adequadamente. Parte da razão para esta limitação está no fato de não ser possível aos criadores de tais sistemas realizar experimentos com MAs do ponto de vista de meta-modelagem. Em outras palavras, a arquitetura dos referidos STIs não é flexível o suficiente para permitir que resultados empíricos sirvam como parâmetros de realimentação dos MAs pois estes não contam com recursos de ferramentas do tipo “Shell” ou linguagem de Autoria. As únicas exceções a esta crítica são os sistemas UMFE [28] e PIXIE [29]. Mesmo assim, estes dois sistemas também não demonstraram um monitoramento do aprendiz capaz de fornecer as informações necessárias para gerar o acompanhamento individualizado recomendado teoricamente.

Uma importante alternativa aplicada no passado é a que considera aspectos de estereótipos de aprendizes [7] abordados de forma independente do domínio de especialidade. Tais estereótipos são descritos com a ajuda de atributos os quais, por sua vez, descrevem as capacidades em progresso. De forma semelhante, o modelo espiral do estudante [10] reforça o padrão de acompanhamento do progresso novato-especialista por meio do desenvolvimento de habilidades meta-cognitivas as quais são baseadas em atividades de auto-explicação de conceitos do domínio. Todavia, tais abordagens de representação de conhecimento ainda dependem de conceitos científicos complementares que cubram os detalhes do processo de transformação granular e detalhado que ocorre entre os estados

representados no modelo. Sendo assim, fica claro que os maiores problemas nas arquiteturas propostas não residem na representação de estados mentais de aprendizes, mas sim nos passos de execução do interpretador da MA.

2.2 Ensino de Conceitos Visuais

2.2.1 Conceitos Visuais Genéricos

A habilidade de classificar imagens, identificar características e descrever/perceber anormalidades é uma parte necessária do treinamento de muitas profissões, tais como a Radiologia Médica, Anatomia, Botânica e Geologia dentre outras [26]. O ensino da perícia em conceitos visuais, de uma maneira genérica, resume-se em desenvolver a capacidade de analisar um determinado assunto ou área onde a maior concentração de elementos da análise reside em detalhes visuais complexos. A partir de tais detalhes, especialistas da área apresentam casos de problemas radiológicos aos aprendizes de modo a provocar a indução dos conceitos visuais necessários para o ensino. Isto ocorre contando ou não com a ajuda de especialistas em Educação, Pedagogia, Psicologia e Cognição, dentre outros.

Os conceitos visuais complexos, devido ao seu alto poder abstrato, são ensinados sem o uso de uma técnica educacional padronizada, ou seja, para os diversos domínios existentes, formas diferentes são utilizadas para ensinar um aprendiz. Adicionalmente, cada especialista desenvolve um empirismo próprio de como ensinar os conceitos visuais relacionados e como os aprendizes devem desenvolvê-los por meio de autodirigido-estudo. O que ocorre em áreas fortemente visuais é que existem alguns parâmetros de consenso que são utilizados ao ensinar, mas sem estudos mais profundos que visem a criação e a padronização do ensino de conceitos visuais.

2.2.2 Uso do Computador em Conceitos Visuais

O ensino de conceitos visuais, através do uso do computador, é uma área ainda inexplorada, apesar do grande potencial de aplicabilidade em vários domínios do meio técnico-

científico. A idéia de utilizar o computador no ensino de conceitos visuais demonstrou como principais motivações, até o momento, permitir o projeto e implementação de sistemas de treinamento personalizados e a real possibilidade de diminuição no tempo necessário para um aprendiz tornar-se um perito [26, 27]. Os esforços de pesquisa, neste sentido, tiveram origem em trabalhos que abordaram os aspectos cognitivos acerca da aquisição de perícia como uma tarefa fortemente baseada na prática e que se desenvolve de forma lenta e progressiva.

Um grande problema (e responsável por boa parte da complexidade do trabalho) está no fato de não existir um padrão de ensino bem definido na sociedade. Deste modo, além de ser necessário desenvolver novos formalismos para a representação de conceitos visuais no computador, torna-se necessário também desenvolver técnicas de ensino de tais conceitos visuais dentro dos formalismos adotados. Estimativas apontam para valores entre dez mil e duzentas mil imagens analisadas durante a vida profissional no caso da perícia radiológica [13]. A organização precisa e sistemática de um subconjunto apropriado destes casos para o treinamento continua sendo um grande desafio de pesquisa científica.

Outros problemas relacionados com o ensino de conceitos visuais apoiado por computador apontam para os seguintes tópicos [2]:

- Falta de um arcabouço teórico que incorpore as evidências empíricas em cognição médica e perícia radiológica, devido à necessidade do aprendiz encontrar alguma evidência explícita de justificativa do diagnóstico em questão (no ensino de Radiologia Médica);
- Falha dos sistemas existentes ao não adotar um modelo de instrução adequado;
- Mesmo os sistemas desenvolvidos a partir de comparações entre ensino tradicional (conduzido por humanos) e sistemas tutores apresentaram grandes falhas pois a análise comparativa não foi realizada com o devido rigor.

Os problemas apresentados também foram notados/percebidos por outros autores.

Sharples, em um de seus trabalhos [26], relaciona e explica um conjunto de regras a serem seguidas nas implementações de STI, tais como **(a)** deduzir o conhecimento mínimo do estudante; **(b)** explicar os termos usados e os conceitos e seus atributos; **(c)** ordenar os casos do mais fácil para o mais difícil, dentre vários outros. Todavia, em seguida ele admite que semelhantes sugestões não são fáceis de serem concretizadas [26].

2.2.3 Ensino de Radiologia Médica

A aquisição de conhecimento de princípio e perícia em conceitos visuais, por exemplo em Radiologia Médica, ocorre através de um conjunto de fatores, tais como a prática clínica, o conhecimento de princípios específicos e outros. Porém, de todos os fatores, o principal é a prática clínica [13]. Isto porque um aprendiz de conceitos visuais passa por certas etapas, onde a análise das imagens se torna a grande alavanca que vai permitir a sua evolução. Na etapa inicial, o aprendiz, por não possuir um grande conhecimento (tanto visual quanto prático), consegue analisar problemas rapidamente embora, na maioria dos casos, a solução seja errada e/ou imprecisa. Na etapa intermediária, o estudante por já possuir uma certa quantidade de conhecimento acumulado, pode levar mais tempo para analisar um problema do que um aprendiz iniciante. Isto se deve ao fato de um intermediário já possuir a noção da existência de situações semelhantes mas que exigem soluções substancialmente diferentes. Na etapa avançada, o perito possui o domínio do conhecimento visual necessário para uma análise rápida e precisa, necessitando inspecionar a imagem por poucos segundos [13]. Inclusive, aplicações do computador ao ensino de Radiologia contemplam a separação princípio-perícia até no projeto da interface do sistema tutor com o aprendiz [8, 27, 2].

As capacidades de um especialista em Radiologia Médica são [26]:

- Experiência em visualizar e interpretar milhares de imagens, possuindo, devido a isto, um extenso conjunto de esquemas mentais representando conceitos visuais - cada esquema contém conhecimento sobre instâncias típicas e atípicas e as características a ele relacionadas;

- Formar esquemas mentais estruturais (não visuais) - especialistas, ao olharem para uma radiografia, conseguem identificar características semelhantes às estruturas físicas, se abstraindo de possíveis variações na imagem;
- Distinguir exemplos dentro da normalidade e das anormalidades de um conceito - especialistas conseguem inclusive identificar características que estejam faltando;
- Analisar e interpretar imagens de forma extremamente rápida - um especialista tipicamente estuda uma imagem por 20-30 segundos (estudos mostram que especialistas podem interpretar corretamente uma imagem radiológica depois de visualizarem-na por algo em torno de 2 segundos [13]).

Dois dos principais subproblemas atacados até o momento foram relacionados com a classificação e ordenação de conjuntos de casos radiológicos para o ensino, com base em parâmetros cognitivos de complexidade dos diagnósticos inerentes aos casos. O objetivo é possibilitar a automação de uma boa escolha da próxima imagem a ser trabalhada com o aprendiz. Isto decorre da intenção de simular a experiência do professor, a fim de minimizar o tempo de aprendizado e possibilitar a utilização de diversas estratégias pedagógicas. Seguindo a mesma linha de raciocínio, um grande problema é selecionar o próximo exemplo adequado. Nos sistemas tutores automáticos, esta escolha ainda não está formalizada, pois até mesmo os especialistas não conseguem definir com exatidão quais os critérios implícitos que eles utilizam para tal escolha no próprio ensino tradicional humano-para-humano [22, 27]. Eles procuraram também abordar aspectos da prática profissional e do desenvolvimento de habilidades por meio de protótipos aplicados nas áreas de ressonância magnética sobre lesões cerebrais e de interpretação de imagens de raio-X com anormalidades no tórax.

2.3 Sistemas de Autoria e Shells para Tutores Inteligentes

2.3.1 Sistemas de Autoria

Sistemas de Autoria (SA) e suas Shells STI (Sistema Tutor Inteligente) associadas podem oferecer grandes vantagens para a relação custo-benefício na criação de STIs em diversos domínios de especialidade. Na realidade os SA são os “veículos” adequados para projetistas de STIs terem melhores chances de atingir um patamar aceitável de custo-benefício, mantendo a alta qualidade na produção do material de ensino [18]. Apesar da grande complexidade e do alto custo de produção, ferramentas de autoria e suas Shells STI são uma alternativa à produção de sistemas inteligentes para o ensino em larga escala.

Tal complexidade, segundo Sleeman [29], é decorrente das dificuldades inerentes a dois focos principais: (1) adaptação da alta produção de material para CAI (Computer Aided Instruction); (2) a necessidade de utilizar técnicas de Inteligência Artificial em sintonia com resultados de pesquisas em STIs. De forma mais ampla, Nicolson e seus trabalhos derivados [19] sugerem que o próprio processo de autoria dos STIs deva ser apoiado por ferramentas inteligentes, os SAIs (Sistemas de Autoria Inteligentes). Isto permite que se tenha um melhor compromisso entre a quantidade do material didático eletrônico incorporado e qualidade aceitável, ou seja, material de curso de qualidade “aceitável” (mas não inteligente) e em quantidade “razoável”.

Dentre os vários Sistemas de Autoria existentes, podem-se destacar alguns dos principais pioneiros:

- **DACTN** [33]

Facilita o projeto e a implementação de simuladores, e destaca que ainda resta muito trabalho a ser feito para permitir o uso efetivo de tecnologia de IA aplicada na educação;

- **COCA** “CO-operative Classroom Assistant” [15]

Sistema que contém controles heurísticos definidos pelo usuário, os quais são responsáveis por implementar decisões durante o ensino;

- **CDT** “Courseware Design Templates” [21]

Uma proposta de modelo de autoria baseado em cinco componentes (administrador de ensino, histórico do estudante, modelo do estudante, estratégia de ensino e gerador de ensino), que enfatiza o conteúdo pedagógico acima de qualquer outro;

- **SCALD** [19]

São apresentadas propostas de estratégias, através do uso de SAI (Sistema de Autoria Inteligente), para o desenvolvimento de sistemas de lições auxiliadas por computador. Como parte da análise e testes das propostas, foi utilizado o ensino diário das salas de aula da Inglaterra com o uso do computador.

A maioria dos sistemas de autoria foi aplicada à criação e interpretação dos modelos do domínio e pedagógico de um STI, não contemplando a modelagem do aprendiz. Como exemplo mais recente de sistema de autoria para a modelagem de estratégias pedagógicas, pode-se citar o REDEEM [14], que visa reduzir o tempo do processo de autoria diminuindo a necessidade do especialista modificar o baixo nível instrucional, baseando-se em teorias da psicologia educacional. Major descreve como o autor de curso pode explorar a relação entre psicologia e ambientes de autoria, os quais proporcionam avanços potenciais na prática instrucional, através de melhores sistemas tutores, bem como em teoria instrucional. O protótipo de tais idéias chama-se REDEEM.

Para autoria da modelagem de conhecimento no domínio, pode ser citado o Demonstr8 [5], que visa reduzir a necessidade do autor possuir conhecimento “não específico” da pedagogia do domínio, através do uso de programação por demonstração. Isto torna o processo de autoria mais simples. Blessing descreve o Demonstr8 como sendo uma ferramenta que faz a criação de tutores baseados em busca de modelos muito mais fácil do que da forma como são realizados atualmente. O seu objetivo de pesquisa é o de fortalecer qualquer especialista de qualquer domínio, até um educador em uma sala de aula, para

ser capaz de criar um tutor inteligente no domínio em que o mesmo é especialista. Como exemplo, Blessing utiliza o Demonstr8 para ensinar álgebra.

As únicas abordagens de autoria para a meta-modelagem de aprendizes [7, 18] ainda carecem de detalhamentos conceituais e ferramentas de software para apoiar o próprio processo de autoria. Além disso, ainda é necessário definir padrões genéricos de autoria e interpretação através da análise de conceitos novos e dos já citados no meio científico de ferramentas de autoria e shells para STIs [18]. Uma ferramenta de autoria geralmente possui os seguintes objetivos [18]:

- **Diminuir o esforço** – Esforço de autoria deve ser compreendido como tempo, custo e outros recursos na construção de STIs;
- **Diminuir a habilidade mínima necessária para construí-los** – Permitir a mais pessoas terem acesso e participarem do processo de especificação;
- **Ajudar o autor** – A ajuda ao autor ocorre através da organização do domínio ou do conhecimento pedagógico;
- **Suporte** – Suporte em estruturação, recomendação, bons princípios de especificação, dentre outros;
- **Rápida prototipagem das especificações** – Permite realizar validações rápidas dos diversos ciclos do desenvolvimento do STI com versões reduzidas do mesmo.

Conforme as observações feitas por Murray [18], Major [14] e outros, é claro que o campo de construção de ferramentas capazes de abordar os padrões propostos para autoria ainda se encontra em estágio primário de pesquisa e desenvolvimento. Adicionalmente, existem muitas idéias e propostas de como melhorar os métodos deste campo, porém, pouca utilização foi conseguida na prática pois a maioria das ferramentas são apenas protótipos que nunca saíram dos laboratórios.

2.3.2 Shells Inteligentes para Ensino com e sem MA/ME

Os Sistemas Tutores Inteligentes (STIs) são programas computacionais de auxílio ao ensino, projetados para incorporar técnicas de IA de modo a torná-los capazes de saber: **o** **quê** ensinam, **a quem** ensinam e **como** devem ensinar [20]. A arquitetura básica de um STI, como na Figura 2.4, é composta de 4 módulos:

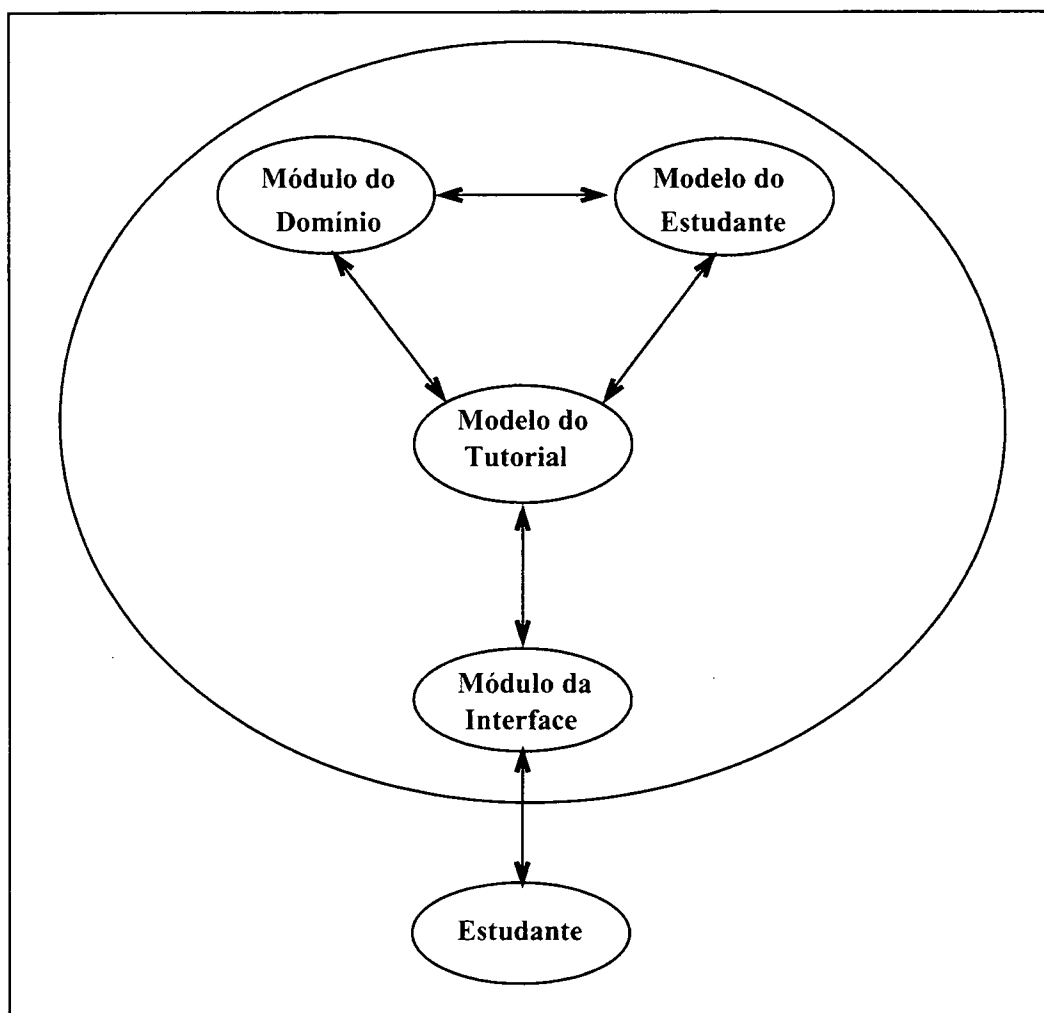


Figura 2.4: Arquitetura Básica de um Sistema Tutor Inteligente (STI)

- **Módulo do Domínio**

Contém todas as informações periciais/técnicas pertencentes a determinada área de ensino;

- **Modelo do Estudante**

Possui as informações sobre o estudante, tais como dados pessoais, avaliações, preferências;

- **Modelo Tutorial**

É a definição da pedagogia a ser adotada pelo STI no ensino;

- **Módulo da Interface**

É o conjunto de definições relativas a elementos de acesso ao STI por parte do estudante.

Poucas foram as Shells capazes de interpretar Modelos de Aprendizes de forma independente do domínio. Tais sistemas são raros pois os mecanismos essenciais de raciocínio artificial para este tipo de modelagem não são tão triviais quanto parecem ser seus equivalentes para as modelagem do Domínio e Pedagógica. Provavelmente isto ocorre devido ao fato dos domínios, de uma maneira geral, não possuírem uma variação tão ampla de conceitos como os aprendizes possuem. Também limitados podem ser os comportamentos pedagógicos dos autores de curso.

Como exemplos de Shells que possuem algum tipo de modelagem de aprendizes/usuários podemos citar:

- **EON [17]**

Conhecido como sistema EON, o ambiente é na verdade um conjunto de ferramentas independentes de domínio para a autoria de todos os aspectos do conhecimento de um tutor: modelagem do domínio, as estratégias de ensino, modelagem do usuário e o ambiente de ensino. A modelagem dos usuários é uma variação da idéia de modelagem de estudantes por “overlay” [11], mais tarde disseminado largamente por Wenger [32]. Além disso, a modelagem de aprendizes no EON é complementada por conceitos que se aproximam bastante de uma biblioteca de erros (bug catalogue) dos usuários [1].

- **FLAMA** [7]

O sistema FLAMA apresenta uma nova forma de abordagem da modelagem de aprendizes: o uso casado de estereótipos [23] e oráculos [7] para STIs em conceitos visuais. A idéia foi oferecer um ambiente para a autoria o mais próximo possível do espaço definido para a aprendizagem. Como consequência, é proposto um mapeamento quase direto sobre o espaço do aprendiz (de estereótipos e atributos) e o espaço pedagógico (de regras de produção), dando-se a tal mapeamento a designação de “espaço da aprendizagem”.

- **PIXIE** [29]

O PIXIE é um STI que tenta identificar erros de estudantes em um domínio específico, ou seja, ele é essencialmente um sistema de modelagem de diagnósticos. O PIXIE formula uma série de perguntas ao estudante e tenta interpretar as respostas para determinar os principais problemas de aprendizagem. A solução para tais problemas do estudante é então determinada de forma individualizada, com base em evidências de erros sistemáticos.

- **UMFE** “User Modelling Front-End” [28]

O subsistema UMFE foi implementado assumindo a definição de que um usuário formula uma questão ao sistema principal (podendo ser um sistema especialista, STI, simulador, etc) e o sistema fornece a resposta. O UMFE certifica-se que a resposta seja apresentada em termos dos conceitos nos quais ele/ela já possui conhecimento, e com isto determina o seu nível. A modelagem ocorre por “overlays”. Segundo Sleeman, UMFE foi o primeiro sistema de modelagem de usuários a usar uma série de regras de inferências para decidir quais conceitos o mesmo gostaria de aprender.

Das Shells que não possuem MA/ME, destacam-se as seguintes:

- **GTM/RUI** “Guided Tutorial Mode” [8]

É apresentada a idéia de como os conhecimentos de alto nível sobre conceitos visuais podem ser representados e posteriormente interpretados através de interações tutoriais ativas e passivas. Apesar de algumas limitações de implementação (como a

estruturação puramente hierárquica dos objetos do domínio), o sistema RUI possui uma série de ferramentas pré-genéricas que permitem a adição de sub-sistemas de modelagem de aprendizes,. Além disso, este sistema é a única ferramenta de autoria na área de ensino de conceitos visuais acoplada a mecanismos inteligentes de ensino implementados.

- **Satelit-2** [9]

Foi desenvolvido uma nova forma de suporte para treinamento inteligente de aprendizes de operação de centrais telefônicas digitais (“Digital Telephony Stations” ou **DTS**). Apresenta o fato de que, para determinadas linguagens textuais de programação destinadas ao desenvolvimento de assuntos muito específicos, como a operação de DTS, recomenda-se o emprego de mecanismos de ensino genéricos assim como sua reutilização em várias situações onde as bases de conhecimento são descritas em meta-linguagens, com o auxílio de ferramentas de autoria. Foram introduzidas as seguintes idéias ao projeto Satelit-2: **(1)** Uma linguagem independente de domínio para a representação de conhecimento em domínios restritos da programação de computadores, e **(2)** Um modelo de interpretação de diálogos para implementar interações de tutoramento. Tanto a linguagem quanto o modelo são ambos suportados e implementados.

Estas Shells de ensino desprovidas de modelagem dinâmica do aprendiz, juntamente com um grande número de outros sistemas, incluindo os SAs citados na seção 2.3.1, abordam com ênfase apenas a criação e manutenção dos Modelos Pedagógico e do Domínio. Acredita-se que a falta de uma abordagem explícita e profunda de modelos de aprendizes propriamente ditos contribuiu para o fracasso de tais sistemas na individualização do ensino.

CAPÍTULO 3

INTEGRAÇÃO DE CONCEITOS

Neste trabalho foram utilizados conceitos que ainda geram divergências de opiniões na comunidade mundial de ensino de conceitos visuais. Os principais conceitos utilizados para resolver o problema de modelagem de aprendizes da perícia em conceitos visuais, tanto de curto quanto de longo prazos, em especial da perícia Radiológica foram: (1) a noção de Estereótipos; (2) a queda de Desempenho de Aprendizes (**Curva-U**); (3) os Componentes Isolados da Perícia (**CIPs**); (4) a distribuição de Estereótipos na Curva-U e (5) entrevistas com um especialista em Radiologia.

3.1 Noção de Estereótipo

Pessoas podem ter seus conhecimentos sobre características interligadas em uma coleção de estereótipos. Apesar da palavra “estereótipo” possuir muitas associações negativas, é importante restringir o seu uso neste trabalho para a modelagem de aprendizes como sendo uma enumeração descritiva de um conjunto de características que frequentemente ocorrem juntas. A partir desta perspectiva, um estereótipo é simplesmente uma maneira de capturar algo da estrutura que existe no mundo (como na Figura 3.1). [23].

Quando computadores utilizam estereótipos, eles conseguem driblar uma das grandes armadilhas do uso humano de estereótipos. Como os computadores não possuem nenhuma relação emocional com os estereótipos, eles são capazes de modificá-los/atualizá-los sempre que necessário. Para isso é preciso, entretanto, ter cuidado com o projeto do uso dos estereótipos. Se ele incorporar uma quantidade muito grande de preconceitos, o resultado poderá ser um computador de tal maneira tendencioso, que será incapaz de aprender pela experiência [7].

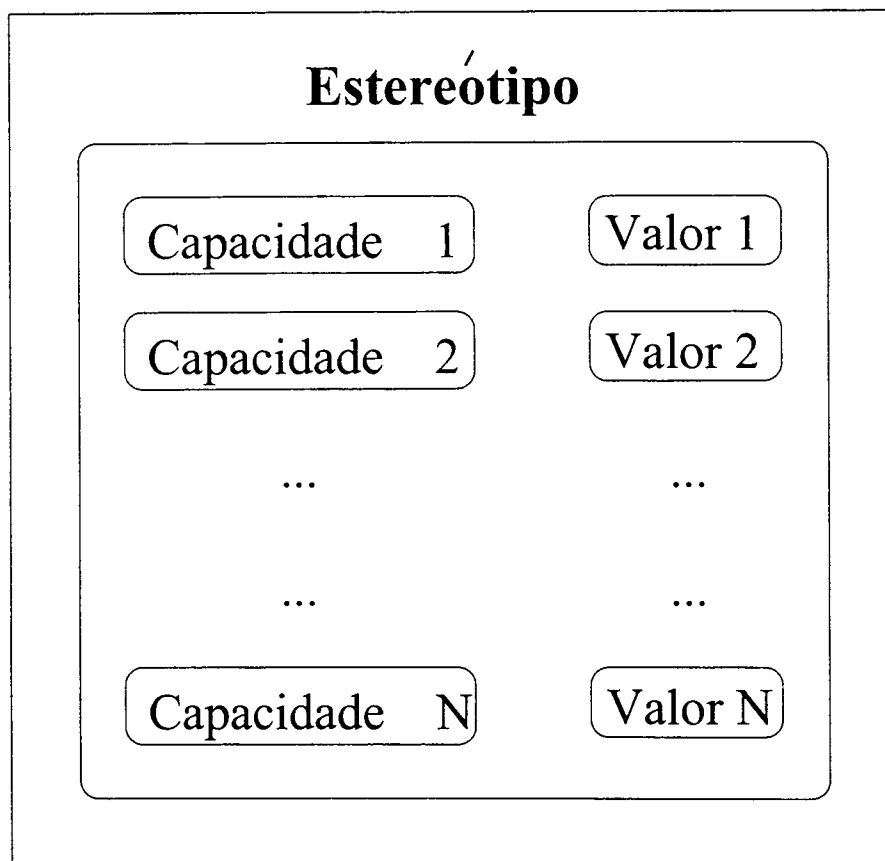


Figura 3.1: Esquema genérico da representação de estereótipos.

Nas últimas décadas de pesquisas em I.A. foi possível compreender a magnitude do conhecimento necessário para raciocinar sobre o mundo. Felizmente, foi descoberto que o conhecimento possui uma grande estrutura interligada, se puder ser capturada, assumindo as restrições e demais itens que devam ser considerados a qualquer momento [23].

Estereótipos são úteis para realizar o tipo de raciocínio requerido sobre pessoas para construir modelos de usuários. Os estereótipos fornecem uma maneira de formar inferências plausíveis sobre os usuários, baseados em alguns critérios fundamentais já observados [23].

A representação interna de um estereótipo pode ser como uma coleção de pares do tipo $\langle \text{atributo} - \text{valor} \rangle$. Desta maneira, podem-se modelar as preferências de aprendizes adicionando os pares necessários para ter-se mapeado todas as características básicas necessárias a cada aprendiz, juntamente com os seus respectivos valores.

Um dos mais importantes problemas em qualquer sistema de modelagem de usuários/aprendizes, baseado nas inferências a partir do comportamento dos mesmos, é como detectar e resolver conflitos entre inferências [23]. Para resolver este problema, prepara-se o sistema para analisar as relações entre elementos e recalcular seus valores conforme o efeito de cada elemento sobre os demais.

Após a análise de estereótipos, bem como sua aplicação em modelagem de usuários/aprendizes, tornou-se necessária uma expansão da modelagem de preferências dos aprendizes, mais precisamente aprendizes de Radiologia Médica, de modo que pudessem conter as características da perícia de aprendizes de Radiologia. Isto ocorreu devido ao fato da Radiologia Médica possuir elementos que indicam o quanto são extremamente complexos e particulares o nível de um aprendiz. No contexto deste trabalho, um estereótipo de aprendiz representa uma classe de capacidades cujos enquadramentos de desempenho na solução de problemas são realizados com base na combinação de valores das referidas capacidades.

É importante perceber que similar embasamento quase não teve aplicação na área de STIs. Na realidade, até o momento, não há registro de aplicações das idéias de estereótipos e atributos para a modelagem de aprendizes em STIs, exceto pela abordagem de Cury [7].

3.2 Queda de Desempenho de Aprendizes

A Curva-U de **desempenho x tempo** foi proposta por Selfridge [25] como reforço para esclarecer melhor a queda de rendimento observada em diversos grupos de aprendizes em domínios diferentes de especialidade prática. Na realidade, pesquisadores de diferentes áreas observaram o fenômeno e mapearam, em gráfico **desempenho x tempo** de aprendizagem, os resultados de aprendizes de diferentes níveis. O resultado obtido foi uma curva em forma de “U” (**U-shaped curve**), onde o trecho em “U” (como na Figura 3.2) representa o desempenho de aprendizes intermediários [7].

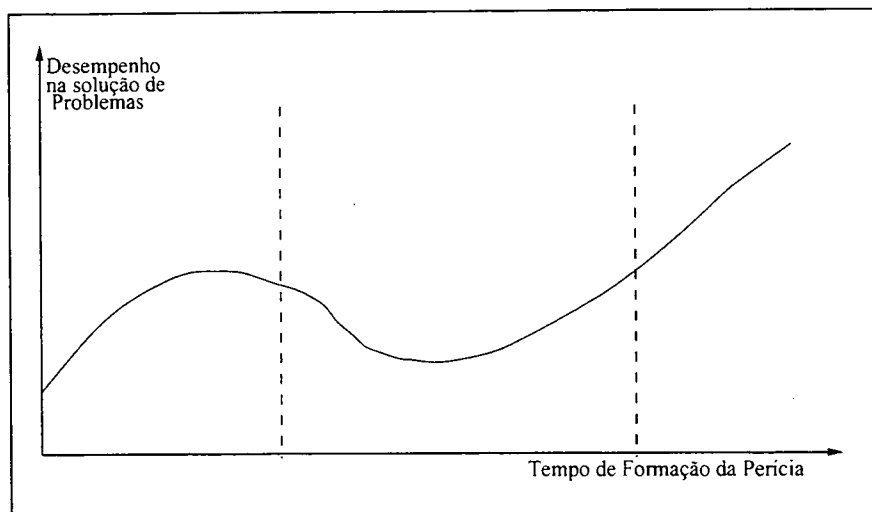


Figura 3.2: Curva U da aprendizagem.

Outro pesquisador que analisou o conceito de Curva-U de desempenho foi Lesgold [12]. Em suas pesquisas ele verificou a aplicabilidade do conceito da Curva-U, bem como a teoria proposta por Selfridge, a qual define que em um determinado momento da aprendizagem, um item ainda instável (não procedimentalizado corretamente) compete com outro, já estável (corretamente procedimentalizado), na solução de um certo problema. Tal “competição” complica a decisão por parte do aprendiz, reduzindo, consequentemente, seu desempenho na solução do problema [25, 12].

Em Radiologia Médica, Lesgold observou a possibilidade do uso da Curva-U, para explicar as flutuações no rendimento/desempenho de aprendizes. A partir disso, como solução do presente trabalho, assumiu-se a possibilidade de detecção e correção do modelo pedagógico a ser usado para cada aprendiz a fim de evitar/diminuir sua queda de rendimento [13].

No grupo de pesquisas de STIs da UFPR, juntamente com o Departamento de Radiologia do Hospital das Clínicas da UFPR, já foram observados os conceitos mencionados no preâmbulo deste capítulo. Isto porque até o momento, o formalismo da Curva-U tem sido utilizado como uma excelente linguagem comum entre instrutores de Radiologia e os

desenvolvedores de STIs no âmbito deste e de outros trabalhos do grupo de pesquisa. As pesquisas deste grupo neste contexto foram inclusive documentadas em trabalhos anteriores, como o de Pimentel [22], onde foi realizado um grande estudo de caso para ilustrar a utilização de medidas cognitivas no ensino de conceitos visuais.

3.3 Componentes Isolados da Perícia (CIPs)

Até o momento, a perícia tem sido tratada como um bloco monolítico de composições de capacidades. Porém, nunca essas capacidades foram tratadas isoladamente por nenhum pesquisador. Muito menos no âmbito de uma abordagem de totalização quantitativa (“bottom-up”) destes elementos isolados para explicar a estereotipação de um aprendiz (como indivíduo).

Lesgold e alguns poucos pesquisadores apenas se preocuparam em discutir algumas capacidades mais conhecidas dos radiologistas, tais como a capacidade de Diagnóstico Diferencial e a de Mapeamento Visual 2D-3D. Neste trabalho, em continuidade a alguns conhecimentos pioneiros acumulados pelo grupo da UFPR, o conjunto de capacidades isoladas da perícia radiológica foi expandido e detalhado.

Foi realizada uma análise detalhada de transcrições de diálogos entre residentes de Radiologia médica e seus tutores humanos, utilizando os arquivos de pesquisas anteriores [7]. Com esta análise, foi possível extrair padrões de perfís de aprendizes e, através destes, prever quais são os CIPs no domínio, relevantes ao ensino de Radiologia Médica, nas diferentes fases da aquisição de conhecimento dos residentes. Os CIPs encontrados durante a análise são:

Visão de Relações Proporcionais: Um aprendiz de Radiologia desenvolve, com o tempo, uma automatização da visão das relações de proporção entre dimensões da anatomia projetadas na imagem.

Expressar Relações Lógicas: Capacidade do aprendiz em fornecer/expressar frases que contenham relações lógicas.

Raciocínio Discriminador: É a habilidade do aprendiz em procurar detalhes importantes na imagem para diagnosticá-la como exemplar de uma classe de anomalia mas não de outra que apresenta características visualmente semelhantes.

Vocabulário Técnico: É a capacidade que o aprendiz possui de utilizar termos técnicos mais específicos e precisos para o diagnóstico em vez de usar termos mais vagos e leigos.

Consistência do Raciocínio Qualitativo / Quantitativo: O aprendiz também expressa o progresso de seu raciocínio qualitativo através da consistência e completude das relações lógicas entre características visuais apresentadas explícita ou implicitamente nos laudos.

Deteção de Características Invisíveis: Capacidade de determinar, através de deduções e conhecimento prático, algumas características que não estejam visíveis na radiografia devido ao fato de alguns órgãos estarem encobertos por outros. De forma mais simplificada, a partir de algumas características visíveis, outras invisíveis podem ser assumidas também.

Identificação de Valores Com Tolerância: Capacidade que o aprendiz possui de conseguir responder/mencionar valores dentro de uma faixa de tolerância condizente com o que é apresentado pela radiografia.

Diagnóstico Diferencial: É a habilidade do aprendiz de conseguir fornecer um diagnóstico juntamente com um diagnóstico diferencial, ou seja, o aprendiz deve conseguir fornecer dois diagnósticos, sendo o primeiro o mais provável.

Visão com mapeamento 2D / 3D: A capacidade de visão tridimensional é definida como sendo a habilidade do aprendiz em inferir uma terceira dimensão a partir de uma imagem bidimensional.

Os identificadores automáticos dos dois últimos CIPs ainda não foram implementados, devido à necessidade de inclusão de novos módulos internos ao ambiente RUI. Isto irá requerer uma expansão até mesmo nas representações gráficas do ambiente que fogem ao escopo desta dissertação (especialmente o de Visão 2D-3D). Estes e outros CIPs que venham a ser considerados serão adicionados na sequência de projetos do grupo de pesquisa

da UFPR.

3.4 Distribuição de Estereótipos na Curva-U

Fundamentado nos formalismos de estereótipos e Curva-U, este trabalho introduz o conceito de modelagem dinâmica de aprendizes por meio da distribuição de estereótipos na Curva-U a partir dos elementos denominados de CIPs.

Das várias idéias para permitir que um sistema conheça o nível de competência no qual se enquadra um aprendiz, em um determinado momento, os estereótipos tornaram-se a melhor maneira encontrada durante o desenvolvimento deste trabalho.

De forma semelhante à padronização das CIPs, a análise dos resultados de entrevistas com tutores humanos de Radiologia Médica (condução e transcrição dos diálogos realizado pelo Cury [7] permitiu a criação do conceito de distribuição de estereótipos de aprendizes ao longo da Curva-U de “desempenho x tempo”). A distribuição pontual de modelos de aprendizes individuais na Curva-U é feita tomando-se a localização dos estereótipos como os limites de enquadramento para cada indivíduo. Por exemplo na Figura 3.3, cada uma das “caixas” (estereótipos 1, 2, 3 e 4) é na verdade a representação de limites na Curva-U. É necessário chamar a atenção para o fato de não haver esforço em modelagem pedagógica no escopo deste trabalho, sendo o foco desta contribuição exclusivamente dedicado a um monitoramento do progresso do aprendiz.

3.5 Entrevistas com um Especialista

Com a necessidade de substanciar o método aqui proposto, realizou-se uma série de entrevistas com um especialista de Radiologia Médica do Hospital das Clínicas da UFPR em Curitiba, o médico e chefe do Departamento de Radiologia Sr. Arnolfo Carvalho Neto. Isto foi feito segundo uma tendência dos trabalhos anteriores do grupo de pesquisa, os quais realizaram suas entrevistas com especialistas de Radiologia Médica a fim de verificar

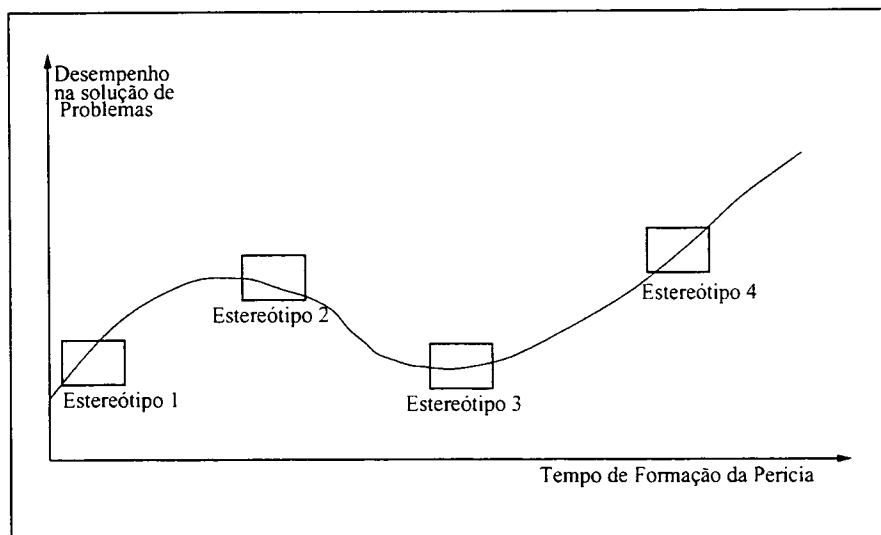


Figura 3.3: Curva U da aprendizagem com distribuição de estereótipos.

o real estado da área, bem como dos principais problemas enfrentados pelos aprendizes em seus treinamentos.

Em um trabalho anterior do grupo [22], foi realizado um estudo com um especialista no ensino de radiologia e com uma base de imagens radiológicas para ilustrar a utilização das medidas cognitivas no ensino de conceitos visuais para radiologia médica. Os objetivos desse estudo foram os seguintes: conseguir uma forma mais interessante para que o próprio especialista possa descrever cognitivamente as imagens da base, determinar empiricamente o peso de cada medida no cálculo da carga cognitiva, avaliar a relevância de cada medida usada e validar a utilidade das medidas cognitivas na ordenação de uma sequência de exemplos a ser mostrada ao aprendiz [22].

Das reuniões com o Sr. Arnolfo, o resumo do estudo de caso encontra-se no Anexo 3. Para ilustrar o uso dos formalismos, o Anexo 4 apresenta um exemplo. Tal estudo foi feito com o objetivo de conseguir detectar os CIPs mais comuns/necessários, assim como uma aceitável valoração dos mesmos, a fim de conseguir a modelagem mais fiel possível dos aprendizes.

Após análise das entrevistas, além de se conseguir o substanciamento esperado do

método proposto, conseguiu-se que o Sr. Arnolfo fornecesse novas idéias, dentre as quais destacam-se:

- **Motivos que “reduzem” a capacidade de um aprendiz**

Pode ser explicada como a queda da autoconfiança no conhecimento já adquirido, prejudicando a aceitação do aprendiz em um programa de residência. Isto pode diminuir a determinação do aprendiz em demonstrar habilidade suficiente para permanecer no programa de residência diante do aumento da complexidade dos diagnósticos pedidos ao aprendiz;

- **Problemas de detecção dos pontos fracos dos aprendizes**

Os especialistas responsáveis pela residência do aprendiz possuem uma grande dificuldade em detectar onde os aprendizes estão “fracos”, uma vez que a Radiologia médica é ensinada/treinada como um todo, ou seja, os aprendizes quase não são treinados dentro de uma linha bem estruturada de conhecimentos isoladamente divididos “em partes” (como Vocabulário Técnico, Diagnóstico Diferencial, etc).

Devido a tais observações conseguiu-se adquirir uma visão real do problema relacionado ao ensino de conceitos visuais em Radiologia Médica, bem como implementar as ferramentas necessárias de modo a tratar esta gama de possibilidades.

CAPÍTULO 4

A FERRAMENTA SIGMA

A partir dos conceitos apresentados, resultantes do estudo de fatores cognitivos, foi desenvolvido um **Sistema Interpretador Genérico do Modelo do Aprendiz (SIGMA)**, direcionado ao ensino da Radiologia Médica. O termo que melhor expressa a idéia do SIGMA é “**independência de domínio**”. Isto porque todo o sistema foi desenvolvido com a idéia de torná-lo genérico e com isto permitir uma maleabilidade grande o suficiente para seu futuro uso em áreas com necessidade de auxílio no ensino de conceitos visuais.

4.1 Arquitetura do SIGMA

Para compreender o sistema SIGMA, torna-se necessário conhecer um pouco mais sobre a arquitetura do sistema RUI [8], além do que foi apresentado no capítulo 1. O **GTM** da ferramenta de ensino/aprendizagem do sistema **RUI** é o responsável pela manipulação inteligente de perguntas e respostas para o aprendiz. Sua arquitetura é composta pelos seguintes módulos:

- **Gerenciador de Diálogos**

O gerenciador de diálogos é guiado por meta-níveis de conhecimento que penetra virtualmente em qualquer estrutura de domínio específico de conhecimento. Como resultado, uma vasta variedade de perguntas é gerada.

- **Gerador/Analisador de Textos**

Este módulo é responsável por: (1) reconhecer uma entrada de estudante, através de um casamento com uma representação interna de estados e (2) produzir (se necessário) uma crítica para a última entrada e uma próxima pergunta a ser apresentada ao estudante (e que esteja no mesmo nível).

- **Provedor de Teoremas**

Os sistemas de representação de conhecimento lógico são implementados com expressões em forma lógica. Regras de inferência utilizam tais conhecimentos para a solução de problemas específicos. A linguagem em Lógica de Primeira Ordem para as restrições de características do sistema RUI requer um provedor de teoremas específico para validar expressões lógicas para determinar seus **valores verdade**.

- **Gerador de Inferências/Interpretador de Regras**

Um sistema convencional de produção de encadeamento progressivo consiste de: (1) uma base de regras; (2) uma memória de trabalho e (3) um interpretador de regras. Este módulo do RUI funciona de maneira similar às mencionadas no aspecto geral convencional. Entretanto, as peculiaridades da sintaxe das regras do RUI são: (a) no corpo de ações as quais podem ser usadas para “chamar” diretamente outra regra sem realmente retornar o controle para a parte convencional do mecanismo interpretador de regras e (b) em cláusulas condicionais as quais se consistem de conjunções e disjunções de nomes de restrições de características.

Resumindo, o GTM evita problemas de ineficiência da interpretação lógica através do acesso a regras específicas de domínio indexadas, parceladas em classes de componentes que por sua vez emcapsulam suas bases de regras privadas.

O SIGMA foi desenvolvido para atuar sobre o GTM do sistema RUI, ou seja, o sistema RUI funciona como uma espécie de sistema operacional para o sistema SIGMA, fornecendo base de dados, variáveis globais e toda a relação de interface entre o RUI e o aprendiz para ser utilizado pelo SIGMA.

O sistema SIGMA está sendo implementado em linguagem Pop-11 [30] com o pacote de gerência de frames RBFS (Rule-based frame system) [3]. De forma resumida, o SIGMA é composto por 6 principais conjuntos de regras ou funções (como na Figura 4.1):

1. **Módulo de Interface do GTM/RUI;**

2. Regras de Filtragem dos elementos da perícia presentes no texto fornecido pelo aprendiz;
3. Regras de Análise dos PCVs (tripla que simboliza PARTE CARACTERÍSTICA VALOR);
4. Regras de Atualização do Modelo do Aprendiz;
5. Regras de Enquadramento do Aprendiz;
6. Funções de Armazenagem em Frames [16].

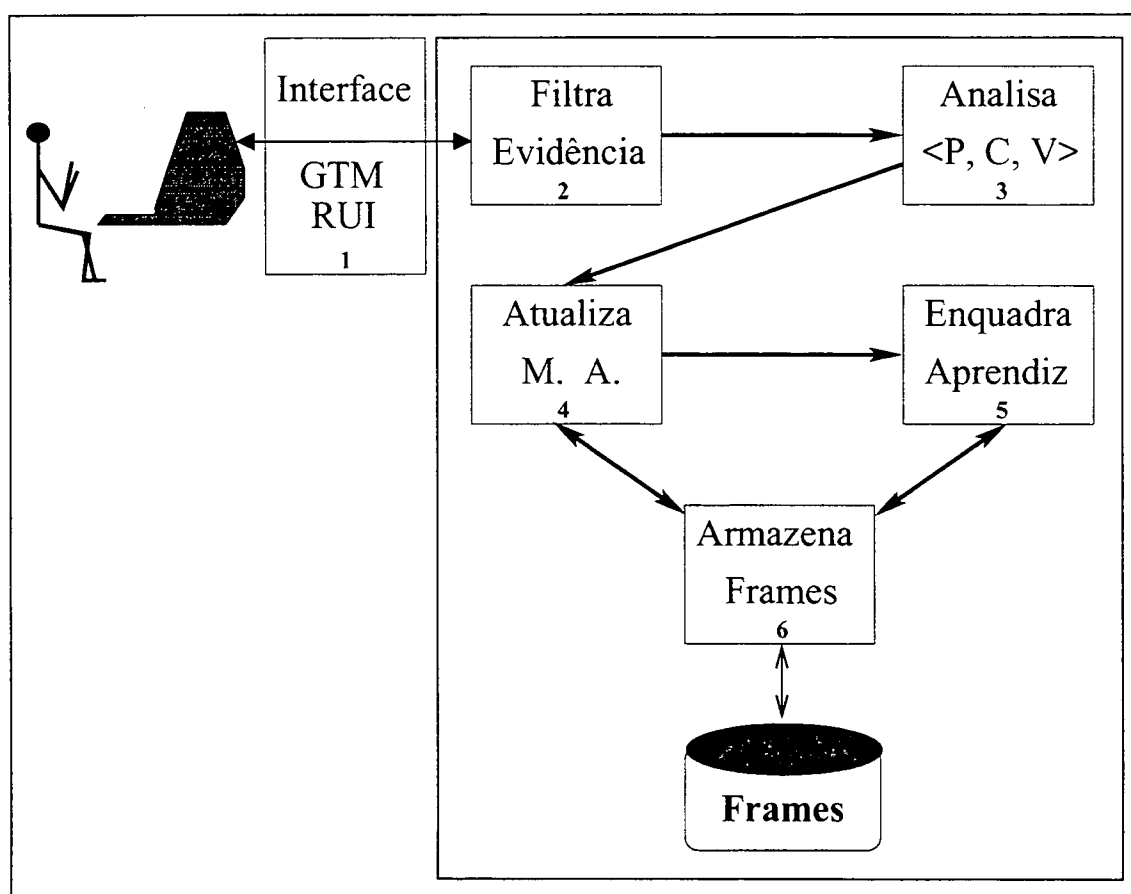


Figura 4.1: Arquitetura Básica do Sistema SIGMA

Em futuras alterações/trabalhos que envolvam o SIGMA, vai ocorrer uma modificação já prevista na visão da arquitetura, tornando-se mais genérica ainda. Será incluído mais um módulo, que será responsável por interpretar dinamicamente novos CIPs criados pelo perito durante a fase de autoria do RUI.

4.2 Detalhamento dos Módulos

Devido ao SIGMA e o sistema RUI serem complexos como um todo para serem apenas mencionados os títulos dos módulos, torna-se necessário um detalhamento dos módulos isoladamente para facilitar a visualização do grau de generalidade do SIGMA, bem como suas possíveis futuras utilizações.

4.2.1 Módulo de Interface do GTM/RUI

O sistema RUI foi desenvolvido por Direne [8] (Figura 4.2) como um conjunto de ferramentas integradas para auxiliar desenvolvedores de STIs e diminuir os custos e a complexidade dos processos de desenvolvimento destes sistemas. O sistema RUI faz uso de poderosos recursos (gráficos/memória/processamento) de estações de trabalho e de linguagens apropriadas como o ambiente Poplog [4, 30]. Foi implementado sobre um ambiente integrado de ferramentas, basicamente constituído de [8]:

- Uma linguagem de programação de IA;
- Um módulo de representação de conhecimento e
- Um pacote gráfico.

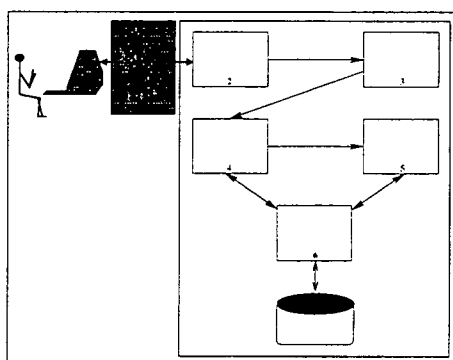


Figura 4.2: O módulo de interface do GTM/RUI em destaque

É necessário salientar que este sistema, bem como o módulo de Interface, que é o responsável pelo tratamento direto com o aprendiz, já estavam implementados antes do presente trabalho ser desenvolvido. O SIGMA utiliza o módulo de Interface do RUI para realizar toda a interface com o aprendiz.

4.2.2 Módulo de Filtragem de Evidências

Este é o primeiro módulo da arquitetura SIGMA (Figura 4.3), assim como o único (até o momento) a possuir uma conexão com o módulo de interface do GTM/RUI. O seu funcionamento baseia-se na idéia de que tudo o que um aprendiz escrever pode ser separado em triplas na forma de **<Parte - Característica - Valor>**. Como exemplo tem-se a frase “**The heart size is normal and the cardiothoracic ratio is 47 %**”, onde tem-se 2 PCVs, ou seja:

PCV1: <heart - size - normal>

PCV2: <heart - cardiothoracic_ratio - 47%>

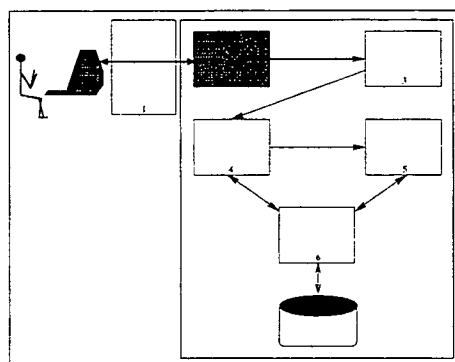


Figura 4.3: O módulo de Filtragem de Evidências em destaque

Esta idéia de extração dos elementos perceptíveis em um texto digitado pelo aprendiz foi utilizada baseando-se nos estudos e usos dos $\langle P, C, V \rangle$ no sistema RUI. Após análises, verificou-se sua utilização a partir da prática e uma fiel representação da visão do aprendiz no âmbito de uma pseudo-linguagem natural de comunicação restrita.

4.2.3 Módulo de Análise dos PCVs

Após a extração dos PCVs no módulo anterior, neste módulo (Figura 4.4) os PCVs são analisados um a um como se cada um fosse o único $\langle PCV \rangle$ existente no texto digitado pelo aprendiz. Estas análises ocorrem baseando-se nos CIPs programados, bem como na base de dados pertencente ao exemplo utilizado pelo módulo tutor do sistema RUI. A pontuação cedida para cada PCV baseia-se nos estudos de caso dos CIPs implementados.

É necessário ressaltar que, para ser genérico, o conteúdo de valor de qualquer CIP (implementado ou a ser implementado) é sempre um valor entre **0 %** (o aprendiz não sabe nada) e **100 %** (conhecimento total - perito). Essa faixa de valores é utilizada com o objetivo de manter o sistema SIGMA genérico, ou seja, podem ser trocadas as bases de conhecimento do sistema RUI que o SIGMA será capaz de modelar o aprendiz do novo domínio, assim como permitir a criação de novos CIPs. Mais detalhes da pontuação de cada CIP podem ser encontrados no Anexo 3 e no exemplo de funcionamento (Anexo 4).

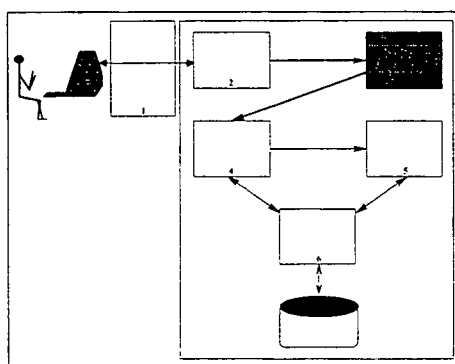


Figura 4.4: O módulo de Análise dos PCVs em destaque

Por exemplo, para o CIP de Consistência do Raciocínio Qualitativo / Quantitativo, a Figura 4.5 é apresentado como são analisados os PCVs encontrados na frase do aprendiz, de maneira a conseguir extrair a valoração necessária do CIP em questão. Maiores detalhes encontram-se nos Anexos 3 e 4.

Critérios do CIP	Faixas de Valores	
	Rel. Lógica	Então Valor
Frase com 1 PCV(Sem Relação Lógica)	===	- 0,1 %
Frase com 2 ou + PCVs(Com PCV falso)	===	- 0,5 %
Frase com 2 ou + PCVs(Sem PCV falso)	SIM	1 %
Frase com 2 ou + PCVs(Sem PCV falso)	NÃO	0 %
=====	===	===
Valor Mínimo e Máximo Total	- 0,5 %	1 %

Figura 4.5: Exemplo sobre como quantificar o CIP de Consistência do Raciocínio Qualitativo / Quantitativo

tais como instanciação, criterialidade, raciocínio por valor “default”, cômputo dinâmico de características, ligações tipadas (Taxonomias/Partonomias) e referências cruzadas automaticamente criadas.

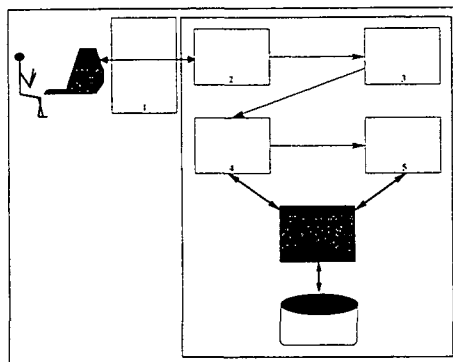


Figura 4.8: O módulo de Armazenagem em Frames em destaque

As figuras 4.9 e 4.10 mostram dois frames de aprendizes hipotéticos, cada um contendo várias características, representando capacidades e seus valores percentuais de progresso em um dado instante do treinamento. A figura 4.9 mostra o frame de um iniciante que corresponde aproximadamente aqueles cujas capacidades combinam com as demonstradas no diálogo da figura 1.1. De forma análoga, na figura 4.10 as capacidades combinam com as demonstradas no diálogo da figura 1.2, para um aprendiz de nível intermediário.

```
- <frame [f.667 [is_a [value [Residente-1]]
-   [visao_2D_3D [value [12.8]]]
-   [relacoes_proporcionais [value [35.6]]]
-   [vocabulario_tecnico [value [23.9]]]]>
- ...
- ...
- ...
```

Figura 4.9: Frame de aprendiz iniciante.

```
- <frame [f.598 [is_a [value [Residente-2]]]
-   [visao_2D_3D [value [45.3]]]
-   [relacoes_proporcionais [value [70.4]]]
-   [vocabulario_tecnico [value [43.6]]]
-   [racioc_discriminador [value [14.5]]]
-   [caract_invisiveis [value [11.7]]]]>
- ...
```

Figura 4.10: Frame de aprendiz intermediário.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

5.1 Reafirmação da Contribuição

Este trabalho apresenta conceitos originais com grande potencial para uso prático das ferramentas de software implementadas. Em outras palavras, sua originalidade advem de dois pontos principais: (1) inexistência de Shells para autoria e modelagem dinâmica de aprendizes e (2) a combinação de conceitos de modelagem de aprendizes aplicada a domínios de conceitos visuais a partir da noção de Componentes Isoladas da Perícia para o monitoramento do desempenho de tais aprendizes.

O trabalho também abre novas frentes com a possibilidade futura para a constatação de parâmetros que indicam uma queda temporária de desempenho da solução de problemas durante a aprendizagem. Nunca antes medida em ambiente computacional de ensino, a queda de desempenho sugerida por Selfridge [25] doravante poderá ser monitorada mais formalmente. Para isso, torna-se necessária a realização de um acompanhamento criterioso dos elementos da perícia, bem como uma análise detalhada do desenvolvimento das capacidades de um indivíduo.

5.2 Trabalhos Futuros

Como metas futuras de pesquisa a partir desse trabalho, podem-se citar os estudos e aprimoramentos das técnicas pedagógicas diferenciadas para os diversos níveis de evolução dos aprendizes. Igualmente importante será a implementação das referidas técnicas por meio de mecanismos automáticos de software e a incorporação dos mesmos ao ambiente RUI. Só então será possível afirmar que o sistema RUI terá autonomia para mudar dinamicamente o seu comportamento pedagógico a partir da modelagem também dinâmica

do aprendiz.

Isto irá requerer conceitos e ferramentas para a construção de um interpretador pedagógico o qual será composto de dois mecanismos básicos: um independente de domínio e o outro dependente de domínio.

O mecanismo independente de domínio será composto por um associador genérico de características do modelo do aprendiz que seja compatível com ações de ensino em graus variados de dificuldade. Tais ações de ensino deverão servir tanto para perguntar quanto para responder ao aprendiz. Adicionalmente, a geração de tais ações genéricas deverá embutir a variação de conteúdo e formato que permita o cômputo automático de sua própria dificuldade. Por exemplo, uma pergunta futura que o GTM do ambiente RUI será capaz de fazer é a seguinte:

TUTOR: Clique (aponte com o mouse) sobre a calcificação no arco da aorta, se ela estiver presente.

De dificuldade ainda maior, e na mesma modalidade da pergunta acima, o tutor também poderá agir de acordo com o seguinte:

TUTOR: Clique sobre todas as áreas calcificadas que você conseguir identificar nesta imagem.

Com relação ao mecanismo pedagógico dependente do domínio, este deverá ser guiado, assim como hoje, por regras de ensino especializadas, as quais serão escritas por **autores (peritos)** de curso. Sendo assim, também será necessária a extensão da linguagem de autoria do ambiente RUI destinada à meta-modelagem de regras pedagógicas.

ANEXO 1

TRANSCRIÇÃO DE DIÁLOGO ENTRE UM PERITO/TUTOR EM RADIOLOGIA MÉDICA E UM APRENDIZ INICIANTE

Observações:

- Este diálogo foi transcrito de forma integral da linguagem falada para a escrita;
- Esta transcrição foi realizada por CURY [7], com a colaboração da Escola Paulista de Medicina;
- O aprendiz encontrava-se no **primeiro** ano de residência (**R1**).

Tutor: Descreva esta chapa quanto à técnica, incidência, localização estrutura anatômica..

Aprendiz: A gente tem um raio-x de perna bi-lateral, de frente, pegando um terço bem distal do fêmur, tíbia, fíbula e um pouco de tornozelo bi-lateral. ali a gente tem um raio-x do joelho de perna direita..

T: Que parâmetros você usa pra dizer se um raio-x é de perna, coxa ou joelho?...

A: Aqui a gente vê as duas articulações, do joelho e do tornozelo. Logo é uma radiografia da perna...

T: Você disse que é uma perna direita. Como você sabe?...

A: Pela identificação que fica do lado direito e pela fíbula...

T: Tá certo. Em relação à técnica, que que você diz?...

A: É uma técnica pra ossos mesmo. Dá pra ver bem a cortical, a medular do osso e a articulação...

T: Além da osteocortical, a medular e a articulação, que mais você deve examinar numa chapa de músculo esquelético?...

A: As partes moles...

T: Sim. E dá pra ver as partes moles?...

A: Dá pra ver mais ou menos. Talvez com outro tipo de luz daria pra ver melhor...

T: Então você tem de fazer uma chapa onde seja possível identificar a maior parte das estruturas ou pelo menos as mais importantes. No caso, as mais importantes partes do osso que são a medular e a cortical e as partes moles. Se você não conseguir analisar as partes moles, como você disse, você usa a luz forte. Quando você me falava da incidência, você mencionou frente e perfil. Como você sabe que ali é perfil?...

A: Porque consigo ver bem a patela

T: ... que uma estrutura anterior. Se você tivesse feito a chapa de frente, a patela estaria sobreposta. Por que é importante a realização de mais de uma incidência?...

A: Para se ter uma noção espacial melhor tem de haver pelo menos duas incidências...

T: Exatamente. Você então concluiu que a chapa está tecnicamente boa. Agora você vai analisar uma chapa genérica de músculo esquelético qualquer. Qual é sequência de análise que você usa?...

A: Começo com as partes moles

T: Sim. E que você vai analisar nas partes moles?...

A: Ela poder ter alguma alteração da estrutura e um aumento de volume...

T: Certo. Além disso, o que aumenta a densidade num raio-x. O que torna o raio-x mais branco? Por exemplo: o que que é preto no raio-x?...

A: Ar...

T: E branco?...

A: Osso...

T: E entre os dois, fica o que?...

A: Os líquidos...

T: Que são mais brancos ou mais pretos?...

A: Mais brancos...

T: Certo. E as partes moles constituem a escala de cinza, certo? Por exemplo, a gordura está mais pra preto. O que que pode aumentar a densidade de alguma coisa?...

A: O líquido e um edema...

T: Certo. Portanto, mesmo que você não esteja vendo um tumor você pode pensar num edema, num processo inflamatório. Além de densidade e volume, que mais você deve analisar em partes

moles?...

A: Calcificações...

T: Calcificações patológicas. Bom, você fechou partes moles. O que vem em seguida?...

A: O osso...

T: Certo. O que você olhar no osso?...

A: Primeiro a morfologia dos ossos, a textura, a integridade

T: Certo. Você começa com a textura, de uma forma geral, segue para a morfologia e aí, lesões. Então, dentro de lesões, como você as classifica quanto ao aumento ou diminuição do osso?...

A: Osteoblástica e osteolítica...

T: E quanto à integridade?...

A: Tem as fraturas, as lesões tumorais

T: Tudo bem. Com isso, você analisou o osso. E por último ...?...

A: Articulação...

T: E o que você vai analisar na articulação?...

A: Se os espaços articulares estão preservados

T: Mesmo que ele seja de tamanho normal, a regularidade é importante?...

A: Sim...

T: Por que?...

A:

T: Ela pode indicar calcificação no seu interior, aumento de densidade de partes moles periar-ticulares. Bom, agora você vai analisar esta chapa, obedecendo a sequência que acabamos de usar....

A:

T: Como estão as partes moles?...

A: Aparentemente estão preservadas, sem aumento de densidade ou volume...

T: Certo. Como você faz a análise de partes moles? Você usa algum parâmetro?...

A: Quando tenho condições de comparar, a análise é comparativa. Se não é possível, uso o que eu tenho guardado na memória. ...

T: Suponha que você só tivesse o membro direito. Como você faria uma comparação local? ...

A: Por uma desproporção. A gente que o terço proximal da perna é mais largo do que o distal...

T: Certo. Então você achou que não há alteração significativa das partes moles?...

A: Sim...

T: E a textura?...

A: No geral, parece que a textura da perna direita está um pouco reduzida em relação à perna esquerda...

T: Qual é o nome da redução da textura óssea?...

A: Osteopenia...

T: Sim. Então você acha que há uma osteopenia?...

A: Sim...

T: Você acha que ela seja localizada ou difusa?...

A: É difusa na perna direita...

T: O que faz você crer na hipótese de osteopenia?...

A: Primeiro, porque a cortical aqui está mais afilada e menos visível do que do lado esquerdo. Também o trabeculado está mais visível do que do lado esquerdo...

T: Em comparação ao outro membro ...?...

A: O membro direito está mais osteopênico que o membro esquerdo...

T: Você crê que poderia ocorrer a seguinte situação: o trabeculado não está tão evidente ou até está, mas a cortical está com a espessura normal e aquele osso dali está mais preto que este, sem ser osteopenia?...

A: Só se tivesse sido usada uma técnica diferente...

T: Correto. Você me disse que esta osteopenia é difusa. Que partes ela pega?...

A: Pega tíbia, fíbula e também a porção distal do fêmur...

T: Como você explica isso?...

A: Aquela lesão ali deve ter provocado dor e o paciente imobilizou a perna...

T: Tá certo. É uma osteopenia por desuso. Uma situação sistêmica poderia ter causado isso?...

A: Localizada assim, acho que não...

T: Sim. Seria mais comum nos dois membros. Com isso, fechamos a textura. Analise agora a lesão....

A: Parece uma lesão predominantemente osteolítica com reação periosteal ... não sei ... parece em casca de cebola mas ... não é raios de sol ...tem um levantamento aqui

T: Quais os tipos de reações periosteais que você conhece?...

A: Tem o triângulo de Codman, raios de sol, os radiados divergente e paralelo, casca de cebola,

laminar e lamelas múltiplas...

T: Tem outra que chama sólida e outra sólido-ondulante. O que esta reação periosteal forma com a cortical?...

A:

T: Onde começa a reação periosteal?...

A: Ela começa aqui no perióstio e ... ah! forma um ângulo de Codman aqui...

T: Então você tem uma reação periosteal do tipo ângulo de Codman. E aqui encima?...

A: Aqui eu acho que é em casca de cebola...

T: Como é em casca de cebola?...

A: Acho que ela forma várias estrias...

T: Ela é mais lamelada. Esta aqui parece mais do tipo espiculada. Bom, o mais importante é que temos dois tipos de reação periosteal. Como é chamado este tipo de mais de uma reação?...

A:

T: É chamado reação periosteal complexa, tá bom? Então da análise você concluiu haver uma lesão predominantemente osteolítica associada a uma reação periosteal do tipo complexo. Mais o que?...

A: Parece haver também uma fratura aqui, pela descontinuidade da cortical

T: Você tem um desalinhamento, tem uma inclinação. Você vê algum traço de fratura?...

A: Não bem nítido. Vejo algo aqui

T: Que tipo de fratura é esta?...

A: Deve ser uma fratura patológica...

T: O que é uma fratura patológica?...

A: Uma fratura que ocorre encima de uma lesão, por exemplo, do tipo neoplásica, mas não por trauma...

T: Fratura patológica é aquela que ocorre num osso anormal submetido a um esforço normal. Então você falou que é uma lesão predominantemente osteolítica associada a uma reação periosteal do tipo complexo e com uma fratura patológica. Há ainda alguma coisa a analisar que facilite o seu diagnóstico?...

A:

T: A localização da lesão é importante?...

A: É. Aqui, no caso, ela é metafisária...

T: Só metafisária?...

A: Parece que sim

T: A reação periosteal, ela ... quando você tem reação periosteal não tem lesão?...

A: Tem. Ela começa na metáfise e vai até a diáfise do osso...

T: Agora tá bom. Então é uma lesão metadiafisária. Qual outra parte do osso?...

A: A epífise...

T: A epífise. Ela está comprometida?...

A: Ela tem uma certa irregularidade mas não está...

T: Tá. Então esta lesão é mesmo predominantemente metadiafisária. Resumindo suas conclusões: é uma lesão predominantemente osteolítica, com reação periosteal complexa e fratura patológica com localização metadiafisária, sem alteração de partes moles. É isso?...

A: É...

T: E agora, o que que você vai analisar?...

A: Articulação...

T: Certo. E como é que ela está?...

A:

T: Dentro daqueles parâmetros que você me falou de análise de articulação, tais como redução, irregularidade,

A: Bom, aqui a gente tem uma redução do espaço articular medial, né? Ou talvez não ... talvez seja só o posicionamento do paciente...

T: Tá. Alguma irregularidade?...

A: Ela tá legal, não tem calcificação, não tem redução do espaço, não tem irregularidades...

T: Certo. Você acha que ela está então normal?...

A: Acho...

T: Tá bom. Dentro dos grandes de patologia, em qual você encaixaria este caso?...

A: Tumores...

T: Que outros tipos de patologia, dos grandes grupos, você conhece?...

A: Vascular, congênitos, tumores,

T: Você se lembra daquela sigla VICTIM? O que ela te lembra?...

A: Ah! Vascular, inflamatório, idiopático e iatrogênico, colagenose e congênito, trauma e tumoral, metabólico e miscelânea...

T: Ok. O que mais você precisa pra confirmar sua hipótese e te direcionar mais para um diagnóstico anátomo-patológico?...

A: ... a gente pode ver os limites ... as margens internas pra ver se há invasão

T: A presença de esclerose te direciona mais pra que?...

A: Mais pra tumor benigno...

T: Certo. Que mais?...

A: A matriz do tumor, se é uma matriz óssea ou cartilaginosa e

T: Como você consegue diferenciá-las?...

A: A óssea, ela é mais branca e ocorre em bloco. A cartilaginosa é mais salpicada

T: Sim. Continue

A: E a outra é a reação periosteal, do tipo ângulo de codman e espiculada, que fala mais pra uma lesão mais maligna...

T: Certo. E você vê margens internas bem definidas?...

A: Não...

T: Você vê alguma coisa que fale sobre a matriz, se ela é mais cartilaginosa ou óssea?...

A: Não...

T: A reação periosteal te leva a crer numa lesão mais agressiva, né?...

A: Certo...

T: E quanto ao número de lesões? Você acha importante?...

A: É importante. Você quer saber em relação a metástases?...

T: É. Mas eu quero saber se é importante você avaliar o número de lesões....

A: sim, é importante. Aqui só foi feito um exame de perna e eu só vejo nele uma lesão. Agora, é importante verificar se há outras lesões. Bom, já o osteosarcoma

T: Então, dependendo do tipo de lesão, de sua característica, você poderia pensar ou num tipo histológico ou mesmo diferenciar um tumor primário de um secundário. Essa é a importância em relação ao número de lesões. Alguns tumores primários podem dar mais de uma lesão no mesmo osso ou em outros ossos e ser ainda assim um tumor primário. É isso aí. Então, pra gente analisar um processo tumoral, a gente deve levar em conta a lesão propriamente dita em relação às margens internas, à matriz, à localização da lesão. Você acha que faz diferença se a lesão é cortical ou medular?...

A: Tem. Há tumores que preferem a região cortical e outros a medular...

T: Sim. Vamos agora tentar encaixar no anátomo-patológico. Tem alguma coisa a mais que você acharia importante analisar? ...

A:

T: Você acha que aspectos epidemiológicos são importantes nessa fase da análise?...

A: A idade é muito importante...

T: Qual a idade do paciente?...

A: Como ele tem a cartilagem especialmente aberta ainda, ele é um adolescente e deve ter uns 15 anos...

T: Além do fechamento da placa, que outros parâmetros você utiliza pra determinar a idade pela chapa?...

A:

T: Porque o não fechamento de placa ocorre desde o bebê até a adolescência. Portanto, o que faz a diferença?...

A:

T: O tamanho do osso. E o sexo é importante?...

A: É...

T: Você pode me dizer o sexo deste paciente?...

A: Vejo o nome dele na etiqueta. É um paciente do sexo feminino...

T: Tá bom. Então é um paciente do sexo feminino, de 13 anos e que tem uma lesão que você diz ter características de tumoral. Quais são suas hipóteses?...

A: Ah! Aí é que tá ... talvez osteosarcoma porque seria a mais osteolítica...

T: Tem alguma outra diferencial?...

A: Bom, pode ser também Ewing mas não sei a localização dele é na metáfise ou na diáfise...

T: A localização pode também ser esta para Ewing. E aí?...

A: Então sarcoma de Ewing como segunda hipótese e ainda o combosarcoma...

T: Qual a localização do combosarcoma?...

A: Acho que é mais pra baixo...

T: Certo. Então você fica com as hipóteses de osteosarcoma e de sarcoma de Ewing. Você acha que consegue diferenciar um do outro pela análise da chapa?...

A: Não...

T: E pela idade?...

A: Acho que os dois ocorrem na mesma faixa etária, talvez um pouco mais para Ewing do que para osteosarcoma...

T: Qual é a faixa etária de ocorrência do osteosarcoma?...

A: Adulto jovem, entre 20 e 30 anos...

T: Não. Ele ocorre de 6 a uns 14 anos. E o Ewing?...

A: Não sei...

T: De 5 a 25 mas com preferência pela segunda década. Então você que está mais para o Ewing. O sexo te ajuda a confirmar esta hipótese?...

A: Não sei...

T: Bom, Ewing tem uma certa predileção pelo sexo masculino. E quanto à reação periosteal?...

A: Do osteosarcoma é espiculada divergente e sarcoma de Ewing tem mais a ver com casca de cebola...

T: Então, pela reação periosteal você ficaria mais com qual?...

A: Osteosarcoma...

T: O diagnóstico correto deste caso é sarcoma de Ewing. Como você vê, não dá pra fazer a diferenciação dentro da radiologia. Como você a faria então?...

A: Com o anátomo-patológico...

T: Certo. Na sequência, você pediria mais algum exame?...

A: Cintilografia...

T: Pra que?...

A: Pra ver a ocorrência de metástase e outras lesões...

T: Certo. Mais algum exame?...

A:

T: Pra estadiamento local você pediria algum outro exame ou você está contente? Quer dizer, você já diagnosticou um tumor e se tiver que operar você já tem dados suficientes?...

A: Pra ver se está invadindo vaso, não sei se faria uma tomografia ou

T: Você consegue afastar inteiramente comprometimento de partes moles?...

A: Pelo raio-x não deu pra saber. Pelo ultra-som também acho que não

T: Você acha importante observar comprometimento de medula?...

A: ...não sei...

T: Se você fizer uma ressecção e você deixar a medula comprometida, o tumor pode ?

A: Sim, pode...

T: Em que exame você consegue ver melhor _____?...

A: Na ressonância...

T: Você sabe a diferença entre T1 e T2?...

A: Não...

T: Bom, então vamos parar por aqui.

ANEXO 2

TRANSCRIÇÃO DE DIÁLOGO ENTRE UM PERITO/TUTOR EM RADIOLOGIA MÉDICA E UM APRENDIZ INTERMEDIÁRIO

Observações:

- Este diálogo foi transcrito de forma integral da linguagem falada para a escrita;
- Esta transcrição foi realizada por CURY [7], com a colaboração da Escola Paulista de Medicina;
- O aprendiz encontrava-se no **segundo** ano de residência (**R2**).

Tutor: Na análise de ME cê vai falar da textura óssea do segmento observado, antes de você falar da lesão.

Aprendiz: Eu ia fazer justo ao contrário.

T: Vamos na sequência. Textura?

A: Osteopenia difusa.

T: Quais são os sinais radiológicos de osteopenia?

A: Ela é basicamente caracterizada pela diferenciação da cortical com a medular. Se você tiver uma cortical muito fina com uma medular muito alargada, cê tem uma relação córtex-medula muito baixa que constitui um sinal de osteopenia. Um segundo sinal, cê tem uma definição melhor do trabeculado.

T: Certo. Então a linha cortical afina, o rx penetra mais com o mesmo kv e você consegue ver melhor o trabeculado do que via antes. Você está comparando o membro afetado com o normal?

A: Com o contralateral.

T: E aí você observa o afulamento da cortical?

A: Certo.

T: Essa osteopenia é localizada ou difusa?

A: Difusa.

T: Como você explica isso?

A: Falta de uso do membro.

T: Por que causa?

A: Pela lesão.

T: Que causa ...?

A: Impotência.

T: Você acha que essa lesão estaria causando uma rigidez do membro que teria gerado a osteopenia?

A: Não.

T: Qual o principal sintoma causador de imobilização?

A: Dor.

T: Isso. Então temos uma osteopenia difusa causada por imobilização pela dor. Qual o próximo parâmetro a analisar?

A: A lesão.

T: Sim. Vai lá.

A: Vejo uma lesão lítica com áreas escleróticas destruindo a cortical óssea com uma porção permeativa ...

T: Que é uma porção permeativa?

A: São múltiplas imagens líticas.

T: Sim. Continue.

A: Uma ruptura da cortical associada a RP de pelo menos dois tipos, ângulo de Codman e raios-de-sol e ...

T: Raios-de-sol o que é?

A: São lesões hipotransparentes produtores de tecido ósseo, crescendo perpendicularmente à cortical.

T: Não. Raios-de-sol é divergente. Neste caso nós temos realmente ângulo de Codman e espiculada paralela, concorda?

A: Tá certo.

T: Resumindo: você já disse que é uma lesão permeativa, predominantemente lítica com com-

ponentes blásticos, localizada em região metadiafisária de tíbia, associada a RP complexa e com fratura patológica, sem comprometimento, ou discreto comprometimento de PM e com EA e placa de crescimento preservados. É importante o não acometimento dos dois?

A: Sim.

T: Por que?

A: Pelo aspecto invasivo.

T: É comum um tumor acometer o EA ou a PC?

A: Geralmente os tumores não avançam até eles. A PC é "protetora"...

T: Que processos acometem mais comumente o EA e as PC?

A: Inflamatórios.

T: Neste caso, em qual processo inflamatório você pensa?

A: Ostoemielite.

T: E ele acomete o EA e as PC em qualquer faixa etária?

A: Não. Dependendo da vascularização ele tende a invadir as PC, ou seja, de 0 a 1 ano e acima de 16 anos ele tende a invadir. De 1 a 16 anos ele é basicamente metafisário.

T: Poderia então ser um processo inflamatório?

A: Tá bom. Temos então uma lesão permeativa, predominantemente lítica com componentes blásticos, localizada em região metadiafisária de tíbia, associada a RP complexa e com fratura patológica, sem comprometimento, ou discreto comprometimento de PM e com EA e placas de crescimento preservados e com fratura patológica. O que é uma fratura patológica?

A: É uma descontinuidade da cortical em tecido previamente lesado.

T: Sim. Conceitualmente, é uma fratura que ocorre em osso anormal submetido a um esforço normal. Além do desalinhamento do eixo, que outro sinal de fratura cê vê?

A: Hummmm, será que a gente pode falar de calo ósseo aqui?!?!?!? T: Quais são os sinais radiológicos de FP?

A: Alteração das PM, alteração no alinhamento do eixo, descontinuidade da cortical e, se for antiga, calo ósseo.

T: E o traço de fratura que é a solução de continuidade, certo?

A: Certo.

T: Neste caso há um outro sinal. qual é ele?

A: Pensei em calo ósseo ...

T: Há um traço de fratura aqui ó, de difícil detecção. Cê concorda?

A: Tá certo. No começo pensei em calo ósseo mas realmente agora vejo o TF.

T: Ótimo. Continuando, dentro dos grandes grupos de lesão, onde você encaixaria essa?

A: Bom, temos vários grupos identificáveis pela sigla VICTIM: Vasculares, Infecciosos, Inflamatórios, Congênitos, Colagenosos, Tumoriais, Traumáticos, Idiopáticos, Metabólicos e Miscelânea. Essa lesão cai no T.

T: Tá. Além do T, ela poderia cair em outro grupo?

A: Acho difícil encaixá-la em qualquer outro grupo ainda que fosse em osteomielite crônica ou Paget.

T: O que acontece no Paget?

A: Depende da fase pois o osso fica bem louco. Primeiro ele come muito o osso criando áreas líticas. Em seguida uma fase mista, lítica e blástica. E por último, uma fase crescente onde só tem áreas blásticas com esclerose óssea bem característica. Ele ocorre em geral acima dos 60 anos e tem preferência pelo esqueleto axial e quando ocorre em osso perpendicular, ele prefere osso longomas somente sua porção epifisária. Ele é metabólico mas pode sofrer transformação para osteosarcoma, por exemplo.

T: Tá. Chegamos então ao estadiamento. Que exame de imagem você pediria?

A: CT.

[Longa discussão sobre a sequência de trabalho, se a biopsia vem antes ou depois de qualquer outro exame de imagem. Marcelo acha que biopsia vem depois]

T: Se tiver RM e CT, qual escolheria?

A: RM.

T: Por que?

A: Melhor definição de imagem.

T: Pro estadiamento o que é importante você analisar?

A: Os limites da lesão, acometimento da porção muscular, ossos contíguos à lesão, PM e lesões múltiplas.

T: Acho que lesões múltiplas fica difícil na RM porque cê vai ver somente o mesmo osso.

A: bom, tô contando com o fator sorte que é também importante, pô (ha!ha!ha!)! **T:** Tá bom.

Pro paciente cirúrgico, o que é mais importante no estadiamento?

A: Se há acometimento de vasos.

T: Deixa eu precisar melhor. Se você tiver que tirar essa lesão, onde cê vai cortar?

A: Cê dá uma margem de segurança.

T: Em relação a que?

A: Aos limites da lesão.

T: E como você determina os limites dela?

A: Pelo periósteo.

T: É pela medula, concorda?

A: É verdade, ela infiltra. Mas o engraçado é que o osteosarcome é tumor de cortical e não de medula. Por que então olhar a medula? O Ewing sim, é mais medular.

T: Isso, ele infiltra e destrói tudo na região acometida. Na verdade, essa sobreposição de Ewing com osteosarcoma é outra forte razão pra se fazer a biopsia antes do estadiamento porque é a única forma de diferenciá-los. De qualquer forma, Ewing é diagnóstico diferencial de osteosarcoma e vice-versa. Então vamos pedir a RM pra examinar a medula, PM, EA, estruturas vasculares, etc. Aqui está. Cê vai me falar sobre essa RM. A: Lesão heterogênea de contornos irregulares, de limites parcialmente definidos, pegando o terço anterior proximal metadiafisário da perna direita, com componentes em T1 ...

T: Por que anterior?

A: Esses cortes aqui me indicam que ela acomete todo o osso mas predomina na parte anterior. Não compromete fíbula nem epífise tibial. Ela tampouco causa alteração de sinal em grupamentos musculares ...

T: Tem certeza que ela não tem alteração do sinal em grupamentos musculares?

A: Acho que sim.

T: Como você chegou a essa conclusão?

A: Pelo contraste.

T: Mas você pode comparar ...

A: ... com o contralateral.

T: Isso. Por que?

A: Primeiro, porque ele realça com muita intensidade a -----.

T: Mas sem o contraste ele já tá com alteração do sinal?

A: Já.

T: Eu vejo uma alteração de sinal de PM aí, cê concorda?

A: Concordo, com destruição da cortical e da medula óssea.

T: E você concorda também que fica fácil na RM analisar a medula?

A: Sim, fica.

T: Que sequência é essa?

A: Em T1.

T: Como você sabe?

A: Pelo contraste e também porque o exame indica isso explicitamente pelo TE e TR curtos.

T: E se você não tiver nenhum valor?

A: Aí você vai pela gordura e pelos líquidos: ela é branca e eles pretos em T1.

T: Chega.

ANEXO 3

RESUMO DAS REUNIÕES COM UM ESPECIALISTA EM RADIOLOGIA

Observações:

- Neste anexo encontram-se detalhados como e quais valores foram usados de modo a realizar uma pontuação a mais próxima possível do observado no dia a dia dos especialistas e residentes;
- Estas reuniões foram realizadas com o Sr. Arnolfo Carvalho Neto, chefe do Departamento de Radiologia do Hospital Universitário da UFPR em Curitiba;
- As respostas e as análises são todas em inglês, devido ao sistema RUI ainda não possuir um módulo que permita o uso de português;
- As tabelas a seguir dos **sete** CIPs implementados no sistema possuem os valores utilizados para a pontuação dos mesmos apenas para a resposta fornecida pelo aprendiz no momento;
- É necessário lembrar que um **PCV** significa **PARTE CARACTERÍSTICA VALOR** (vide Capítulo 4);
- Nas tabelas a seguir, a simbologia “**Curto Prazo**” corresponde a pontuação relativa ao CIP da frase digitada pelo aprendiz, enquanto que a de “**Longo Prazo**” é a **nota** relativa ao CIP de maneira geral, ou seja, contem a pontuação histórica do aprendiz de acordo com o seu rendimento. Os valores dos CIPs de **Longo Prazo** são armazenados nos frames para futura referência pelo sistema;
- Para se calcular o valor geral atual de cada CIP, soma-se ou subtrai-se do valor de **Longo Prazo** o valor de **Curto Prazo**, assim como outros fatores são considerados como pesos associados à pontuação do CIP. Exemplo destes fatores: **(a)** o histórico

de rendimento do aprendiz em cada CIP e **(b)** a “nota” de cada CIP calculada exclusivamente com base na frase corrente do aprendiz. (ver Anexo 4 onde é apresentado um exemplo de cálculo).

CIP: Visão de Relações Proporcionais Exemplo:

Frase digitada pelo aprendiz: “The heart size is normal.” (“O tamanho do coração está normal.”).

Exemplo de PCV com este CIP: < **heart size normal** > (< coração tamanho normal >).

Faixa de valores válidos como exemplo (escala ordenada-qualitativa): **normal(1)**, **slightly_enlarged(2)**, **moderately_enlarged(3)**, **enlarged(4)**, **markedly_enlarged(5)**, **grossly_enlarged(6)**.

Valor da característica “size” na imagem corrente: **enlarged**.

Valor de Curto Prazo: 40 % (calculado a partir de 100 % - (4-1)×20 %).

O valor de Curto Prazo obtido para este CIP junto com a média geral armazenada nos frames (**Longo Prazo**) fornecerão posteriormente a nova MÉDIA geral a ser armazenada.

Legenda dos valores na tabela a seguir:

NCP - Número de PCVs com Proporções - valor de **Curto Prazo**;

NLP - Número de PCVs com Proporções - valor de **Longo Prazo**;

MCP - Média de PCVs com Proporções - valor de **Curto Prazo**;

MLP - Média de PCVs com Proporções - valor de **Longo Prazo**;

PCP - Pontuação de **Curto Prazo**;

PLP - Pontuação de **Longo Prazo**;

TOT - **TOTAL** de PCVs (**Curto Prazo** + **Longo Prazo**).

Relações Proporcionais	Fórmulas
	e Valores
Total de PCVs (Curto Prazo + Longo Prazo)	$TOT = NCP + NLP$
Pontuação Total Curto Prazo	$PCP = NCP * MCP$
Pontuação Total Longo Prazo	$PLP = NLP * MLP$
=====	=====
Valor Final do Frame(em %)	$(PCP + PLP) / TOT$
Valor Mínimo e Máximo Total	0 % e 100 %

CIP: Expressar Relações Lógicas Exemplo:

Frase digitada pelo aprendiz: "The heart and the superior vena cava size are normal."
 ("O coração e a veia cava superior estão normais.").

PCVs: < **heart size normal** > e < **superior_vena_cava size normal** >.

Conectivo lógico: "**and**".

O valor de Curto Prazo obtido para este CIP será posteriormente SOMADO ao valor geral armazenado nos frames (**Longo Prazo**).

Legenda dos valores na tabela a seguir:

NRL - Número de **R**elações **L**ógicas existentes na frase digitada pelo aprendiz;

VCD - Valor total a ser **C**reditado ou **D**ebitado da pontuação de Longo Prazo.

Expressar Relações Lógicas	Faixas de Valores	
	Valor	Fórmula
Número de Relações	= 0	VCD = -1 %
Número de Relações	>= 2	VCD = (NRL * 0,5) %
Número de Relações	= 1	VCD = 0 %
=====	====	=====
Valor Total Creditado/Debitado	====	VCD %
Valor Mínimo e Máximo Total	- 1 %	0,5 % ou maior

CIP: Raciocínio Discriminador Exemplo:

Frase digitada pelo aprendiz: “The heart seems to be with atelectasis.” (“O coração parece estar com telequitasia”).

A telequitasia é uma doença característica dos pulmões e não do coração.

O valor de Curto Prazo obtido para este CIP será posteriormente SOMADO ao valor geral armazenado nos frames (**Longo Prazo**).

Legenda dos valores na tabela a seguir:

NPE - Número de **PCVs Errados**;

NPI - Número de **PCVs Indefinidos**.

Raciocínio Discriminador	Fórmulas
	e Valores
Número de PCVs Errados (Outra Classe)	NPE = NPE * -1
Número de PCVs Indefinidos	NPI = NPI * 0,25
Valor Total Creditado/Debitado	(NPE + NPI)% * 1
Valor Mínimo e Máximo Total	- 2 %** e 0,25 % ou maior

****** O máximo valor de decréscimo permitido é de 2 %

CIP: Vocabulário Técnico Exemplo:

Frase digitada pelo aprendiz: “The heart size is enlarged.” (“O coração está grande.”).

Número de Palavras Técnicas no texto: 3 (“heart”, “size” e “enlarged”).

Número de Palavras Técnicas NÃO repetidas: 3 (“heart”, “size” e “enlarged”).

O valor de Curto Prazo obtido para este CIP será posteriormente SOMADO ao valor geral armazenado nos frames (**Longo Prazo**).

Legenda dos valores na tabela a seguir:

NPT - Número de **P**alavras **T**écnicas no texto digitado pelo aprendiz;

VPT - Variedade de Palavras Técnicas no texto digitado pelo aprendiz;

VPA - Valor **P**arcial **A** - enfoque na quantidade de palavras técnicas;

VPB - Valor **P**arcial **B** - enfoque na variedade de palavras técnicas.

Vocabulário Técnico	Faixas de Valores	
	Porcentagem	Então o Valor
Palavras Técnicas	< 30%	VPA = NPT - 60
Palavras Técnicas	> 49%	VPA = NPT - 30
Palavras Técnicas	>= 30% e <= 49%	VPA = 0
Variedade Palavras Técnicas	>= 50%	VPB = VPT - 40
Variedade Palavras Técnicas	< 50%	VPB = 0
=====	=====	=====
Valor Total Creditado/Debitado	=====	(VPA + VPB) %
Valor Mínimo e Máximo Total	- 0,6 %	1,3 %

CIP: Consistência do Raciocínio Qualitativo / Quantitativo Exemplo:

Frase digitada pelo aprendiz: “The heart size is normal and the lung is old.” (“O coração

está normal e os pulmões são velhos.”).

PCVs: < **heart size normal** > e < **lung ????? old** >.

Número de PCVs: 2.

Algum PCV falso?: SIM.

Valor do CIP na frase: -0,5 %.

O valor de Curto Prazo obtido para este CIP será posteriormente SOMADO ao valor geral armazenado nos frames (**Longo Prazo**).

Consistência do Raciocínio	Faixas de Valores	
	Rel. Lógica	Então Valor
Frase com 1 PCV(Sem Relação Lógica)	===	- 0,1 %
Frase com 2 ou + PCVs(Com PCV falso)	===	- 0,5 %
Frase com 2 ou + PCVs(Sem PCV falso)	SIM	1 %
Frase com 2 ou + PCVs(Sem PCV falso)	NÃO	0 %
=====	===	===
Valor Mínimo e Máximo Total	- 0,5 %	1 %

CIP: Detecção de Características Invisíveis Exemplo:

Frase digitada pelo aprendiz: “The superior vena cava is enlarged.” (“A veia cava superior está grande.”).

PCVs: < **superior_vena_cava size enlarged** > (invisível/não aparece na radiografia).

O que acontece: É possível determinar, através de deduções e conhecimento prático, algumas características que não estejam visíveis em uma radiografia.

Número de PCVs: 1.

PCV inviável?: SIM.

Valor do CIP na frase: $1 * 0,5 \%$.

O valor de Curto Prazo obtido para este CIP será posteriormente SOMADO ao valor

geral armazenado nos frames (**Longo Prazo**).

Legenda dos valores na tabela a seguir:

NPI - Número de PCVs Invisíveis de Curto Prazo.

Características Invisíveis	Fórmulas
	e Valores
Valor Total Creditado/Debitado	(NPI * 0,5) %
Valor Mínimo e Máximo Total	0 % e 0,5 % ou maior

CIP: Identificação de Valores com Tolerância Exemplo:

Frase digitada pelo aprendiz: "The heart size is normal." ("O tamanho do coração está normal.").

Exemplo de PCV com este CIP: < **heart size normal** > (< coração tamanho normal >).

Valor real: enlarged.

Valor de Curto Prazo: 0 %.

O valor de Curto Prazo obtido para este CIP junto com a média geral armazenada nos frames (**Longo Prazo**) fornecerão posteriormente a nova MÉDIA geral a ser armazenada.

Legenda dos valores na tabela a seguir:

NCP - Número de PCVs Corretos - valor de **Curto Prazo**;

NLP - Número de PCVs Corretos - valor de **Longo Prazo**;

MCP - Média de PCVs Corretos - valor de **Curto Prazo**;

MLP - Média de PCVs Corretos - valor de **Longo Prazo**;

PCP - Pontuação de **Curto Prazo**;

PLP - Pontuação de **Longo Prazo**;

TOT - **TOT**al de PCVs (Curto Prazo + Longo Prazo).

Identificação de Valores	Fórmulas
	e Valores
Total de PCVs (Curto + Longo Prazo)	$TOT = (NCP + NLP)$
Pontuação Total Curto Prazo	$A = (NCP * MCP)$
Pontuação Total Longo Prazo	$B = (NLP * MLP)$
Valor Final do Frame(em %)	$(PCP + PLP) / TOT$
Valor Mínimo e Máximo Total	0 % e 100 %

ANEXO 4

EXEMPLO DO PROCESSO DE VALORAÇÃO GERAL

Observações:

- Neste anexo encontram-se detalhados os passos realizados pelo SIGMA na análise e pontuação de uma entrada de um aprendiz (uma exemplificação);
- Os valores definidos para os cálculos estão definidos no Anexo 3;
- As respostas e as análises são todas em inglês, devido ao sistema RUI ainda não possuir um módulo que permita o uso de português;
- O formato a seguir do exemplo não possui acentuação devido ao fato de ser a impressão do modo teste do sistema SIGMA;
- Este exemplo foi apresentado anteriormente a um perito em radiologia, o Sr. Arnolfo Carvalho Neto, chefe do Departamento de Radiologia do Hospital Universitário da UFPR em Curitiba, o qual concordou com a forma de valoração demonstrada.

Frase digitada pelo aprendiz:

“The heart size is enlarged, the vena cava is small and the heart is fat ”

LISTA DE PCVs.....: [

```

          1 [heart          size          enlarged]
          2 [vena_cava      ??????      small  ]
          3 [heart          ??????      ?????????]
    ]

```

***** VOCABULARIO TECNICO *****

** Palavras Tecnicas(PT).....: [heart enlarged vena_cava small heart]

** TOTAL de Palavras Tecnicas. : 5

** % TOTAL de Palavras Tecnicas: 33 %

** TOTAL de PT Variadas.....: 4

** % TOTAL de PT Variadas.....: 80 %

** Palavras Tecnicas Repetidas.: 1

** VALOR A SER SOMADO.....: 0.4 %

***** EXPRESSAR RELACOES LOGICAS *****

** Numero de Relacoes Logicas..: 3

** VALOR A SER SOMADO.....: 1.5 %

```

*****
*****      CONSISTENCIA DE RELACOES LOGICAS      *****
*****
**  Relacoes Logicas.....: [1 , 2 and 3]
**  PCV VERDADEIRO ou FALSO.....: [1<true> 2<false> 3<false>]
**  VALOR A SER SOMADO.....: - 0.5 %
*****

*****
*****      RELACOES PROPORCIONAIS      *****
*****
**  Numero de PCVs c/Proporcoes.: 1
**  MEDIA usada na MEDIA FINAL...: 80 % (Media de Longo Prazo)
*****

*****
*****      IDENTIFICACAO DE VALORES COM TOLERANCIA *****
*****
**  Numero de PCVs.....: 3
**  Numero de PCVs corretos.....: 0
**  MEDIA usada na MEDIA FINAL...: 0 % (Media de Longo Prazo)
*****

*****
*****      CARACTERISTICAS INVISIVEIS      *****
*****
**  Numero de PCVs INVISIVEIS...: 0
**  VALOR A SER SOMADO.....: 0 %
*****

```

```

*****
*****          RACIOCINIO DISCRIMINADOR          *****
*****
**  Numero de PCVs ERRADOS.....: 0
**  Numero de PCVS DUVIDOSOS.....: 3
**  VALOR A SER SOMADO.....: 0.75 %
*****

```

VALORES PARA USO NO CALCULO DA MEDIA FINAL DO USUARIO:

```

                                VALORES
** TABELA DE VALORES.....:  ANTIGOS  NOVOS
                                Longo   Curto Prazo
                                [ 0.00 %  0.40 % ]
                                [ 0.00 %  1.50 % ]
                                [ 0.00 %  0.00 % ]
                                [ 0.00 %  80.00 % ]
                                [ 0.00 %  0.00 % ]
                                [ 0.00 %  0.00 % ]
                                [ 0.00 %  0.75 % ]

```

**** Valor da Soma Simples.....: 82.65

```

*****
**** MEDIA ARITMETICA-NAO USADA: 11.81 % Serve como referencial apenas.
*****

```

```
*****
*****
***  VALOR/MEDIA do APRENDIZ...: 10.32 %  *****
*****
*****
```

A seguir, os valores de Longo Prazo dos CIPs.

Tais Valores serao armazenados nos frames.

```
CIP1...:  0.40 % VOCABULARIO TECNICO
CIP2...:  1.50 % EXPRESSAR RELACOES LOGICAS
CIP3...:  0.00 % CONSISTENCIA DE RELACOES LOGICAS
CIP4...: 80.00 % RELACOES PROPORCIONAIS
CIP5...:  0.00 % IDENTIFICACAO DE VALORES COM TOLERANCIA
CIP6...:  0.00 % CARACTERISTICAS INVISIVEIS
CIP7...:  0.75 % RACIOCINIO DISCRIMINADOR
```

BIBLIOGRAFIA

- [1] J. R. Anderson. Acquisition of cognitive skill. *Psychological Review*, (89):369–406, 1982.
- [2] R. Azevedo, S. Lajoie, e M. Desaulniers. Radtutor: The theoretical and empirical basis for the design of a mammography interpretation tutor. B. du Boulay e R. Mizoguchi, editors, *Artificial Intelligence in Education*, páginas 386–393. IOS Press, 1997.
- [3] T. J. Barber, G. Marshall, e J. T. Boardman. Tutorial – a philosophy and architecture for a rule-based frame system: RBFS. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 1(2):67–86, 1988.
- [4] R. Barrett, A. Ramsay, e A. Sloman, editors. *POP-11: a Practical Language for Artificial Intelligence*. Ellis Horwood, 1985.
- [5] S. B. Blessing. A programming by demonstration authoring tool for model-tracing tutors. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, (8):233–261, 1997.
- [6] S. Bull e H. Pain. Did i say what i think i said, and do you agree with me?: Inspecting and questioning the student model. *Proceedings of World Conference on Artificial Intelligence in Education*, páginas 501–508, 1995.
- [7] D. Cury, A. I. Direne, e N. Omar. Modelos baseados em estereótipos e oráculos para a aprendizagem de conceitos visuais. *Revista Brasileira de Informática na Educação (SBIE 98)*, (2):43–53, 1998.
- [8] A. I. Direne. Designing intelligent systems for teaching visual concepts. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 8(1):44–70, 1997.

- [9] A. I. Direne. Methodology and tools for designing concept tutoring systems. *Proceedings of World Conference on Artificial Intelligence in Education (AI-ED 97)*, páginas 71–78, 1997.
- [10] C. Frasson e M. Kaltenbach. Strengthening the novice–expert shift using the self-explanation effect. *Journal of Artificial Intelligence in Education*, 3(4):477–493, 1992.
- [11] I. P. Goldstein. The genetic graph: a representation for the evolution of procedural knowledge. D. H. Sleeman e J. S. Brown, editors, *Intelligent Tutoring Systems*. Academic Press, 1982.
- [12] A. M. Lesgold. Acquiring expertise. J. R. Anderson e S. M. Kosslyn, editors, *Tutorials in Learning and Memory: Essays in Honor of Gordon Bower*. W. H. Freeman, 1984.
- [13] A. M. Lesgold, H. Robinson, P. Feltovich R. Glasser, D. Klopfer, e Y. Wang. Expertise in a complex skill: Diagnosing x-ray pictures. M. Chi, R. Glasser, e M. Farr, editors, *The Nature of Expertise*. Lawrence Erlbaum, 1989.
- [14] N. Major. Redeem: exploiting symbiosis between psychology and authoring environments. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, (8):317–340, 1997.
- [15] N. Major e H. Reichgelt. Using COCA to build and intelligent tutoring system in simple algebra. *Intelligence Tutoring Media*, 2(3/4):159–169, 1991.
- [16] M. L. Minsky. A framework for representing knowledge. P. H. Winston, editor, *The Psychology of Computer Vision*. McGraw-Hill, 1975.
- [17] T. Murray. Authoring knowledge based tutors: Tools for content, instructional strategy, student model, and interface design. *Journal of the Learning Sciences*, 7(1):5–64, 1998.
- [18] T. Murray. Authoring intelligent tutoring systems: An analysis of the state of the art. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, (10):98–129, 1999.

- [19] R. I. Nicolson e P. J. Scott. Computers and education: The software production problem. *British Journal of Education Technology*, 17:26–35, 1986.
- [20] H. S. Nwana. Intelligent tutoring systems: an overview. *Artificial Intelligence Review*, (4):251–277, 1990.
- [21] T. O’Shea, R. Bornat, B. du Boulay, M. Eisenstadt, e I. Page. Tools for creating intelligent computer tutors. A. Elithorn e R. Barneji, editors, *Human and Artificial Intelligence*. North-Holland, 1984.
- [22] A. R. Pimentel e A. I. Direne. Medidas cognitivas para o ensino de conceitos visuais com sistemas tutoriais inteligentes. *Revista Brasileira de Informática na Educação (SBIE 98)*, (2):17–24, 1998.
- [23] E. Rich. Users are individuals: Individualizing user models. *International Journal of Man-Machine Studies*, 18:199–214, 1983.
- [24] John A. Self. Bypassing the intractable problem of student modelling. *Proceedings of Conference on Intelligent Tutoring Systems*, páginas 18–24, 1988.
- [25] O. G. Selfridge. Pandemonium: A paradigm for learning. in the mechanisation of thought processes. *London: H. M. Stationery Office*, 1959.
- [26] M. Sharples. Computer-based tutoring of visual concepts: from novice to expert. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7:123–132, 1991.
- [27] M. Sharples, N. Jeffery, D. Teather, Briony Teather, e George du Bolay. A socio-cognitive engineering approach to the development of a knowledge-based training system for neuroradiology. B. du Boulay e R. Mizoguchi, editors, *Artificial Intelligence in Education*, páginas 402–409. IOS Press, 1997.
- [28] D. H. Sleeman. Umfe: A user-modelling front-end subsystem. *International Journal of Man-Machine Studies*, 23(1):71–88, 1985.

- [29] D. H. Sleeman. PIXIE: a shell for developing intelligent tutoring systems. R. Lawler e M. Yazdani, editors, *AI and Education: Learning Environments and Intelligent Tutoring Systems*, páginas 239–263. Ablex Publishing, 1987.
- [30] Chris Thornton e Benedict du Boulay. *Artificial Intelligence Through Search* Kluwer Academic Press. 1992.
- [31] Kurt VanLehn. *Student Modeling*. Lawrence Erlbaum, 1988.
- [32] Etienne Wenger, editor. *Artificial Intelligence and Tutoring Systems*. Morgan Kaufmann, 1987.
- [33] Beverly Park Woolf. Representing, acquiring and reasoning about tutoring knowledge. H. Burns, J. W. Parlett, e C. L. Redfield, editors, *Intelligent Tutoring Systems: Evolutions in Design*. Lawrence Erlbaum, 1991.